

PCT/JP2004/010815

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

30.7.2004

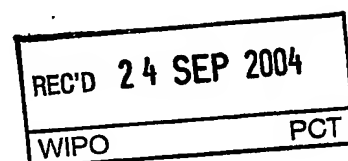
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 6 月 2 3 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 1 8 5 3 7 2
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 1 8 5 3 7 2]

出 願 人 高 石 佳 知
Applicant(s):



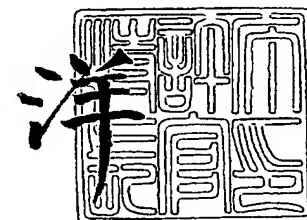
**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

2 0 0 4 年 9 月 1 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 8 1 7 2 5

【書類名】 特許願
【整理番号】 PK253
【提出日】 平成16年 6月23日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 A61B 6/14
A61C 19/04
【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県姫路市坊主町 6 6 - 1
【氏名】 高石 佳知
【特許出願人】
【識別番号】 599041307
【氏名又は名称】 高石 佳知
【代理人】
【識別番号】 100090310
【弁理士】
【氏名又は名称】 木村 正俊
【電話番号】 078-334-7308
【ファクシミリ番号】 078-334-7318
【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2003-283686
【出願日】 平成15年 7月31日
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 142713
【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

下顎骨のレントゲン撮影画像を基に骨密度を評価する骨密度評価装置であって、
上記レントゲン撮影画像は上記下顎骨と並んで配置された標本体の画像を含み、
上記標本体の画像の濃淡度を検出する検出手段と、
上記検出手段による検出結果が基準値と一致するように上記レントゲン撮影画像の濃淡度を補正する補正手段と、
上記補正手段によって補正された補正後濃淡度に基づいて上記骨密度を評価する評価手段とを具備することを特徴とする、骨密度評価装置。

【請求項 2】

上記評価手段は上記レントゲン撮影画像のうち特定領域の上記補正後濃淡度に基づいて評価を行う、請求項 1 に記載の骨密度評価装置。

【請求項 3】

上記特定領域は第 1 小臼歯の周囲の歯槽骨部分に対応する領域を含む、請求項 2 に記載の骨密度評価装置。

【請求項 4】

上記検出手段は上記標本体の画像の特定部分の濃淡度を検出する、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の骨密度評価装置。

【請求項 5】

上記標本体の画像の濃淡度は該画像の場所によって異なり、
上記検出手段は上記標本体の画像の濃淡度の平均および偏差の一方または両方を検出する、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の骨密度評価装置。

【請求項 6】

上記基準値を任意に設定する設定手段をさらに備える、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の骨密度評価装置。

【請求項 7】

上記基準値は特定の上記レントゲン撮影画像についての上記検出手段による検出結果に基づいて設定された、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の骨密度評価装置。

【請求項 8】

上記評価手段は上記補正後濃淡度をヒストグラムで表示する表示手段を含む、請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の骨密度評価装置。

【請求項 9】

上記評価手段は上記補正後濃淡度に基づいて上記骨密度の程度を判定する判定手段を含む、請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の骨密度評価装置。

【請求項 10】

上記評価手段による複数の上記レントゲン撮影画像のそれぞれに係る複数の評価結果を同時に出力する出力手段をさらに備える、請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の骨密度評価装置。

【請求項 11】

下顎骨のレントゲン撮影画像を基に骨密度を評価する骨密度評価方法であって、
上記レントゲン撮影画像は上記下顎骨と並んで配置された標本体の画像を含み、
上記標本体の画像の濃淡度を検出する検出過程と、
上記検出過程における検出結果が基準値と一致するように上記レントゲン撮影画像の濃淡度を補正する補正過程と、
上記補正過程において補正された補正後濃淡度に基づいて上記骨密度を評価する評価過程とを具備することを特徴とする、骨密度評価方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】骨密度評価装置および骨密度評価方法

【技術分野】

【0001】

この発明は、骨密度評価装置および骨密度評価方法に関し、特に例えば下顎骨のレントゲン撮影画像を基に骨密度を評価する、骨密度評価装置および骨密度評価方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、下顎骨の骨密度（骨塩量）から身体全体の骨密度を評価する研究が注目されている。特に、非特許文献1には、下顎骨のうち歯槽骨の骨密度、具体的には小白歯間（第1小白歯と第2小白歯との間）で、かつ歯頸部（エナメル質とセメント質との結合部分）から歯根尖側に向けて約6 [mm] 離れた位置における骨密度が、身体全体の骨密度と密接に関係することが、紹介されている。そして、歯槽骨のレントゲン撮影画像の濃淡度から当該歯槽骨の骨密度を推測し、その推測結果から身体全体の骨密度を評価する実験例が、記載されている。

【非特許文献1】 Grethe Jonasson, Gudrun Bankvall, Stavros Kiliaridis : Estimation of skeletal bone mineral density by means of the trabecular pattern of the alveolar bone, its interdental thickness, and the bone mass of the mandible. "ORAL SURGERY ORAL MEDICINE ORAL PATHOLOGY" September 2001, Volume 92, Number 3, p.346-p.352

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、上述の非特許文献1に開示された従来技術は、飽くまで研究レベルの技術であり、単に歯槽骨のレントゲン撮影画像の濃淡度から身体全体の骨密度を感覚的に推測できることを紹介したものに過ぎない。つまり、この従来技術では、身体全体の骨密度を正確に評価することができない。なぜなら、レントゲン撮影画像の撮影時や現像時、保管時等の諸条件（撮影時間の長さや現像液の温度、レントゲンフィルムの保管環境等）によって当該レントゲン撮影画像の濃淡度に差異が生じ、換言すれば個々のレントゲン撮影画像毎に骨密度を評価する際の基準が異なるからである。

【0004】

そこで、この発明は、骨密度を正確に評価することができる実用的な骨密度評価装置および骨密度評価方法を提供すること、を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

第1の発明は、下顎骨のレントゲン撮影画像を基に骨密度を評価する骨密度評価装置であって、当該レントゲン撮影画像は下顎骨と並んで配置された標本体の画像を含む。そして、標本体の画像の濃淡度を検出する検出手段と、この検出手段による検出結果が基準値と一致するようにレントゲン撮影画像の濃淡度を補正する補正手段と、この補正手段によって補正された補正後濃淡度に基づいて骨密度を評価する評価手段と、を具備することを特徴とするものである。

【0006】

即ち、第1の発明では、1枚のレントゲン撮影画像に下顎骨の画像と標本体の画像とが並んで表示されている。このうち標本体の画像の濃淡度が、検出手段によって検出される。そして、この検出手段による検出結果が基準値と一致するように、レントゲン撮影画像の濃淡度、詳しくは下顎骨の画像の濃淡度が、補正手段によって補正される。さらに、この補正手段による補正後濃淡度に基づいて、下顎骨の骨密度、ひいては身体全体の骨密度が、評価手段によって評価される。つまり、特定の標本体の画像の濃淡度が基準値と一致するように補正された、換言すれば一定の基準の下で補正された、レントゲン撮影画像の濃淡度に基づいて、骨密度が評価される。

【0007】

なお、評価手段は、レントゲン撮影画像のうち特定領域の補正後濃淡度に基づいて評価を行うようにしてもよい。

【0008】

この場合、特定領域は、第1小白歯の周囲の歯槽骨部分に対応する領域を含むのが、望ましい。

【0009】

また、検出手段は、標本体の画像の特定部分、例えば最も濃淡度の高い部分、或いは低い部分の濃淡度を検出するものであってもよい。つまり、当該特定部分の濃淡度が基準値と一致するように、レントゲン撮影画像の濃淡度が補正されるようにしてもよい。

【0010】

さらに、例えば標本体の厚さ寸法が一様でない場合のように、当該標本体の画像の濃淡度が場所によって異なることがある。このような場合は、検出手段によって、当該濃淡度の平均または偏差を検出するのが、望ましい。つまり、標本体画像の濃淡度の平均または偏差が基準値と一致するように、レントゲン撮影画像の濃淡度が補正されるようにしてもよい。

【0011】

そしてさらに、上述の基準値を任意に設定する設定手段を設けてもよい。

【0012】

また、基準値は、特定のレントゲン撮影画像についての検出手段による検出結果に基づいて設定されたものであってもよい。つまり、当該特定のレントゲン撮影画像の濃淡度を基準として、他のレントゲン撮影画像の濃淡度が補正されるようにしてもよい。この場合、他のレントゲン撮影画像の濃淡度は、特定のレントゲン撮影画像の濃淡度に合わせられる。

【0013】

そして、評価手段は、補正後濃淡度をヒストグラムで表示する表示手段を含むものとしてもよい。

【0014】

さらに、評価手段は、補正後濃淡度に基づいて骨密度の程度、例えば当該骨密度が正常であるか否か、或いは改善を要するか否かを判定する判定手段を含むものとしてもよい。

【0015】

また、複数のレントゲン撮影画像のそれぞれについての評価手段による複数の評価結果を、同時に出力する出力手段をさらに設けてもよい。このようにすれば、例えば骨密度の経時的变化を把握するのに、極めて有用である。

【0016】

第2の発明は、第1の発明に対応するいわゆる方法発明である。即ち、下顎骨のレントゲン撮影画像を基に骨密度を評価する骨密度評価方法であって、当該レントゲン撮影画像は下顎骨と並んで配置された標本体の画像を含む。そして、標本体の画像の濃淡度を検出する検出過程と、この検出過程における検出結果に基づいてレントゲン撮影画像の濃淡度を補正する補正過程と、この補正過程において補正された補正後濃淡度に基づいて骨密度を評価する評価過程と、を具備することを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0017】

この発明によれば、一定の基準の下で補正された下顎骨のレントゲン撮影画像の濃淡度に基づいて、骨密度が評価される。従って、上述した従来技術とは異なり、レントゲン撮影画像毎の濃淡度の差異に関係なく、骨密度を定量的に、つまり正確に評価することができる。即ち、十分に実用的な骨密度評価装置または骨密度評価方法を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

この発明に係る歯科医療用の骨密度評価システムの第1実施形態について、図1～図2

1を参照して説明する。

【0019】

図1に示すように、この第1実施形態の骨密度評価システム10は、パーソナルコンピュータ（以下、PCと言う。）12を備えている。このPC12には、CD-ROM（Compact Disc ROM）18から、骨密度評価プログラムがインストールされる。PC12は、この骨密度評価プログラムが起動されることで、骨密度評価装置として機能する。さらに、PC12には、画像入力手段としてのフィルムスキャナ14と、印刷手段としてのレーザプリンタ16とが、接続されている。また、PC12は、命令入力手段としてのキーボード20およびマウス22と、表示手段としてのディスプレイ24とを、備えている。

【0020】

このような構成の骨密度評価システム10では、レントゲンフィルム26に撮影された下顎骨の撮影画像が、フィルムスキャナ14によって読み取られ、デジタル画像データに変換される。変換された画像データは、PC12に入力され、当該PC12内の図示しないハードディスクに、例えば8ビットまたは24ビットのビットマップ形式で記録される。この要領で、ハードディスクには、同一患者の同一箇所（下顎骨）についてそれぞれ異なる日に撮影された複数の画像データが、順次記録される。

【0021】

なお、レントゲンフィルム26には、下顎骨のうち主に第1小白歯付近の画像、より具体的には、図2に示すように、第1小白歯28と、これと隣り合う犬歯30および第2小白歯32と、これらの歯28～32を支える歯槽骨34との画像が、撮影されている。また、これらの歯28～32（厳密には各歯28～32の画像）と並んで、例えば当該各歯28～32の上方に、後述するリファレンスバー36も撮影されている。

【0022】

PC12は、かかる下顎骨の画像データ、具体的には図2に点線38で示すように第1小白歯28の歯根40の下側半分とその周囲の歯槽骨34との画像の濃淡度から、当該歯槽骨34の骨密度（骨塩量）を評価し、ひいては身体全体の骨密度を評価する。例えば、当該濃淡度が高い（画像が明るい）場合は骨密度が高く、当該濃淡度が低い（画像が暗い）場合は骨密度が低い、と評価する。そして、この評価結果をディスプレイ24に表示する。この評価結果はまた、必要に応じてハードディスクに記録され、或いはレーザプリンタ24によってカルテ（またはカルテに添付される用紙）42に印刷される。

【0023】

このように第1小白歯28の歯根40の下側半分とその周囲の歯槽骨34とを評価の対象とするのは、上述した従来技術で紹介されているように、当該第1小白歯28の周囲（第1小白歯と第2小白歯との間）の歯槽骨34の骨密度が、身体全体の骨密度と密接に関係するからである。また、歯槽骨34の上側は歯周病による影響を受け易く、例えば歯周病に罹ると歯槽骨34の上側の骨密度が低下するため、かかる歯周病による影響を排除するために当該歯槽骨34（歯根40）の上側半分を評価対象から外してある。なお、歯根40自体の成分（画像の濃淡度）は、身体全体の骨密度との間で特別な関係はないので、当該歯根40については評価対象から外してもよい。ただし、当該歯根40の成分は殆ど不変であるので、これを評価対象に入れるか否かは骨密度の評価結果には特に影響しない。よって、この第1実施形態では、歯根40の下側半分についても評価対象に入れてある。

【0024】

ここで、改めて評価対象について厳密に説明すると、当該評価対象とされる上述の点線38で囲まれた矩形領域の上側端縁は、第1小白歯28の歯頸部から歯根尖までの距離Dの半分の位置に設定される。そして、当該矩形領域38の下側端縁は、第1小白歯28の歯根尖の位置に設定される。さらに、矩形領域38の右側端縁は、各歯28～32の歯頸部を結ぶ直線44上における第1小白歯28と犬歯30との中間点の位置に合わせられる。これと同様に、左側端縁は、当該直線44上における第1小白歯28と第2小白歯との中間点の位置に合わせられる。

【0025】

また、上述のリファレンスバー 36 は、図 3 に示すような標本体としてのアルミニウム製ブロック（以下、このアルミニウム製ブロックについても同じ符号 36 を付して説明する。）の撮影画像である。即ち、アルミニウム製ブロック 36 は、その長手方向において厚さ寸法が段階的に変化する階段状のものであり、当該階段の段差 ΔT および間隔（階段の踏板に相当する部分の長さ） P のそれぞれは、一定とされている。また、段数は、7 段～9 段程度とされている。さらに、最上段の上面には、後述する X 線 46（図 5 参照）を遮断するべく、アルミニウム箔 48 が貼着されている。なお、このアルミニウム製ブロック 36 の長さ寸法 L は、20 [mm] 程度であり、幅寸法 W は、10 [mm] 程度である。また、最下段部分での厚さ寸法（底面 50 から最下段の上面までの高さ寸法） Ta は、1 [mm] 前後であり、最上段部分での厚さ寸法（底面 50 から最上段の上面までの高さ寸法） Tb は、例えば 6 [mm] ～ 8 [mm] 程度である。

【0026】

このアルミニウム製ブロック 36 は、撮影前に、図 4 に示すように縦長長方形のレントゲンフィルム 26 の撮影面（露光面）52 上に貼着される。具体的には、アルミニウム製ブロック 36 は、その長手方向をレントゲンフィルム 26 の上端縁に沿う方向に延伸させ、かつ底面 50 をレントゲンフィルム 26 の撮影面 52 に対向させた状態で、当該撮影面 52 の上端寄りの部分に貼着される。そして、かかるアルミニウム製ブロック 36 が貼着されたレントゲンフィルム 26 は、撮影時において、図 5 に示すように、上端縁（アルミニウム製ブロック 38 が設けられている側の端縁）を図示しない患者の上顎側（図 5 の紙面の表面側）に向け、かつ撮影面 52 を外方に向けた状態で、撮影対象である各歯 28 ～ 32 および歯槽骨 34 の内側に設置される。このとき、レントゲンフィルム 26 は、図示しないフィルムホルダによって支持される。そして、このレントゲンフィルム 26 の撮影面 52 に向けて、測定対象（各歯 28 ～ 32 および歯槽骨 34）の外側に設置されたレントゲン撮影装置（X 線照射器）54 から、X 線 46 が照射される。これによって、上述した図 2 の如く、各歯 28 ～ 32 の撮影画像と、歯槽骨 34 の撮影画像と、アルミニウム製ブロック 36 の撮影画像（リファレンスバー 36）とが、1 枚のレントゲンフィルム 26 に並んで写し出される。

【0027】

なお、アルミニウム製ブロック 36 は上述の如く階段状の形状をしているので、その撮影画像であるリファレンスバー 36 は、長手方向において、当該アルミニウム製ブロック 36 の厚さ寸法（高さ寸法）に応じた濃淡度を示す。即ち、厚みの小さいところほど、X 線に対する透過率が高いので、暗く（黒っぽく）示され、厚みの大きいところほど、X 線に対する透過率が低いので、明るく（白っぽく）示される。そして、アルミニウム箔 48 が貼着されたところは、X 線を殆ど通さないで、最も明るく（例えば真っ白に）示される。

【0028】

さて、今、上述の如く同一患者についてそれぞれ異なる日に撮影された複数（ここでは 4 枚以上）の画像データが、既に PC 12 内のハードディスクに記録されているとする。この状態で、上述した骨密度評価プログラムが起動されると、PC 12 のディスプレイ 24 には、図 6 に示すようなメイン画面 100 が表示される。

【0029】

即ち、このメイン画面 100 の一番上には、横長のタイトルバー 102 が表示される。このタイトルバー 102 内には、例えば患者のカルテの番号を表す横書きの文字列 104 が左詰で表示される。そして、タイトルバー 102 の下方に、当該タイトルバー 102 と同様の横長のメニューバー 106 が表示される。このメニューバー 106 内には、メイン画面 100 において操作可能なメニューの内容を表す複数の文字列 108, 108, … が、横一列に表示される。さらに、メニューバー 106 の下方には、ツールバー 110 が表示され、このツールバー 110 内には、上述のメニューを図案化した複数のツールボタン 112, 112, … が、横一列に表示される。そして、ツールバー 110 の下方に、矩形

のフレーム領域114が表示される。

【0030】

このフレーム領域114の上側には、概ね正方形の4つのピクチャボックス116, 116, …が横一列に表示される。そして、これらピクチャボックス116, 116, …の下方には、“画像1”, “画像2”, “画像3” および “画像4” という当該各ピクチャボックス116, 116, …に表示される画像の見出しを表す4つの文字列118, 118, …が、この順番で左から表示される。さらに、それぞれの文字列118の下方には、後述するサブ画面（ダイアログボックス）200における補正後の輝度 $Y_o' [i, j]$ の平均値 M_o' および偏差 D_o' を表す2つの文字列120および122が、上下2段で表示される。

【0031】

また、各ピクチャボックス116, 116, …の並びのさらに右横方には、当該各ピクチャボックス116, 116, …のいずれを有効とするのかを選択するための4つのラジオボタン124, 124, …が、縦一列に表示される。そして、それぞれのラジオボタン124の右横方には、当該ラジオボタン124に対応する“画像A”（Aは1～4のいずれかの数値）を示す文字列126が表示されている。さらに、ラジオボタン124, 124, …の並びの上方には、当該ラジオボタン124, 124, …の機能を表す“画像選択”という文字列128が表示される。一方、ラジオボタン124, 124, …の並びの下方には、後述する基準平均値 SM_b および基準偏差 SD_b を表す2つの文字列130および132が、上下2段で表示される。

【0032】

そして、フレーム領域114の下部には、ヒストグラム表示エリア134が表示される。このヒストグラム表示エリア134については後で詳しく説明するが、当該ヒストグラム表示エリア134の横軸には、一定の間隔で垂直の目盛線136, 136, …が記されている。そして、それぞれの目盛線136の下方に、当該目盛線136の指示値を表す文字列138が表示されている。

【0033】

この図6に示すメイン画面100において、上述したマウス22の操作によって“画像1”に対応するラジオボタン124がON（クリック）される、つまり当該“画像1”に対応するピクチャボックス116が有効化されるとする。そして、この状態で、マウス22の操作によってハードディスクから任意の画像データが読み込まれるとする。すると、図7に示すように、“画像1”のピクチャボックス116内に、当該画像データに従うレントゲン撮影画像140が表示される。なお、このレントゲン撮影画像140は、グレースケールで表示される。また、元の画像データがカラーデータの場合には、当該画像データはハードディスクからの読み込み時にグレースケールデータに変換される。この画像データを読み込むためのコマンドは、メニューバー106内の“ファイル”メニューに格納されている。

【0034】

これと同様の要領で、他の“画像2”, “画像3” および “画像4” についても、それぞれに対応するラジオボタン124がONされた状態でハードディスクから画像データが読み込まれると、図8に示すように、読み込まれた画像データに従うレントゲン撮影画像140がそれぞれに対応するピクチャボックス116内に表示される。なお、これらのピクチャボックス116, 116, …に表示されるレントゲン撮影画像140, 140, …は、同一患者のものであり、“画像1”, “画像2”, “画像3” および “画像4” の順番で撮影日が古い（“画像1”の撮影日が一番古い）ものとする。

【0035】

このようにして各ピクチャボックス116, 116, …内にレントゲン撮影画像140, 140, …が表示された後、“画像1”に対応するラジオボタン124がONされ、この状態で、当該“画像1”のレントゲン撮影画像140について評価対象とする領域を選択する旨の操作がマウス22によって成されると、ディスプレイ24に、図9に示すよう

なサブ画面 200 が表示される。なお、この領域選択を命令するためのコマンドは、メニューバー 106 内にある“編集”メニューに格納されている。

【0036】

図 9 において、サブ画面 200 の一番上には、横長のタイトルバー 202 が表示される。このタイトルバー 202 には、例えばカルテの番号と、現在有効化されている“画像 A”（ここでは“画像 1”）という情報と、を表す横書きの文字列 204 が、左詰で表示される。そして、タイトルバー 202 の下方に、矩形のフレーム領域 206 が表示される。

【0037】

このフレーム領域 206 の左上部分には、後述する基準平均値 SMb および基準偏差 Db を表す 2 つの文字列 208 および 210 が、上下 2 段で表示される。そして、これらの文字列 208 および 210 の並びの下方には、概ね正方形の領域選択エリア 212 が表示される。この領域選択エリア 212 には、現在有効化されている“画像 A”のレントゲン撮影画像 140 を拡大した拡大画像 214 が表示される。さらに、この領域選択エリア 212 の右横方には、当該領域選択エリア 212 内に表示されている拡大画像 214 を回転させるためのスライダ 216 が表示される。例えば、マウス 22 によってこのスライダ 216 が上方側へスライドされると、拡大画像 214 は反時計回りに回転する。これとは反対に、スライダ 216 が下方側へスライドされると、拡大画像 214 は時計回りに回転する。このスライダ 216 による拡大画像 214 の回転角度は、当該スライダ 216 の上方に表示された文字列 218 によって表される。

【0038】

一方、フレーム領域 206 の右上部分には、横長のリファレンスバー表示エリア 220 が表示される。そして、このリファレンスバー表示エリア 220 の下方の左寄りの部分には、概ね正方形の評価対象表示エリア 222 が表示される。これらのエリア 220 および 222 については、後で詳しく説明する。

【0039】

さらに、評価対象表示エリア 222 の右横方には、後述する平均値 Mb および偏差 Db を表す 2 つの文字列 224 および 226 が、上下 2 段で表示される。そして、これらの文字列 224 および 226 の並びの上方には、当該各文字列 224 および 226 の見出しを表す“リファレンスバー”という文字列 228 が表示される。そしてさらに、文字列 224 および 226 の並びの下方には、後述する補正後平均値 Mo' および補正後偏差 Do' を表す 2 つの文字列 230 および 232 が、上下 2 段で表示される。そして、これらの文字列 230 および 232 の並びと上述の文字列 224 および 226 の並びとの間には、文字列 230 および 232 の見出しを表す“評価対象（補正值）”という文字列 234 が表示される。

【0040】

また、評価対象表示エリア 222 の下方には、2 つのラジオボタン 236 および 236 が、横一列に表示される。そして、それぞれのラジオボタン 236 の右横方には、当該ラジオボタン 236 の見出しを表す文字列 238 が表示される。さらに、ラジオボタン 236 および 236 の並びの上方には、当該ラジオボタン 236 および 236 の機能を表す“選択範囲”という文字列 240 が表示される。

【0041】

そして、フレーム領域 206 の下部には、ヒストグラム表示エリア 242 が表示される。このヒストグラム表示エリア 242 については後で詳しく説明するが、当該ヒストグラム表示エリア 242 の横軸には、一定の間隔で垂直の目盛線 244、244、…が記されている。そして、それぞれの目盛線 244 の下方には、当該目盛線 244 の指示値を表す文字列 246 が表示される。

【0042】

この図 9 において、マウス 22 の操作によって“リファレンスバー”と記されたラジオボタン 236 が ON されるとする。そして、領域選択エリア 212 に表示されたレントゲン撮影画像 214 上において、図 10 に点線 248 で示すように、マウス 22 の操作によ

って上述したリファレンスバー 36 に対応する部分 250 が選択されたとする。具体的には、当該点線 248 で示される領域選択用の矩形の描画開始点 S がマウス 22 のクリック操作によって指定された後、当該矩形 248 の描画終了点 E がマウス 22 のドラッグ・アンド・ドロップ操作によって指定されたとする。なお、このとき、リファレンスバー 250 (36) の長手方向 (図 10 の左右方向) において、矩形 248 の一辺が当該リファレンスバー 250 の一端縁と一致し、かつ当該一辺と対向する矩形 248 の他辺がリファレンスバー 250 の他端縁と一致するようにするのが、肝要である。一方、リファレンスバー 250 の幅方向 (図 10 の上下方向) においては、矩形 248 の各辺 (上辺および下辺) が当該リファレンスバー 250 の周縁よりも内側にあればよい。

【0043】

このようにしてマウス 22 の操作によってリファレンスバー 250 としての領域 248 が選択されると、図 11 に示すように、当該リファレンスバー領域 248 の拡大画像 252 が、リファレンスバー表示エリア 220 に表示される。そして、このリファレンスバー領域 248 を構成する各画素の輝度 $Yb[i, j]$ ($[i, j]$: 各画素の座標) が 256 階調に振り分けられる (変換される) と共に、次の数 1 に基づいて、それぞれの階調 x ($x=0 \sim 255$) 毎の度数 $Hb[x]$ が求められる。

【0044】

【数 1】

$$Hb[x] = \frac{nb[x]}{Nb}$$

【0045】

この数 1 において、 $nb[x]$ は、階調 x に振り分けられた画素数であり、 Nb は、リファレンスバー領域 248 を構成する全ての画素数である。このように階調 x 毎の画素数 $nb[x]$ を全画素数 Nb で除することによって、いわゆる正規化された度数 $Hb[x]$ が求められる。

【0046】

この数 1 の演算結果 Hb は、図 12 に示すテーブル 300 に記録される。このテーブル 300 は、骨密度評価プログラムが起動されたときに、ハードディスク内に形成される。

【0047】

そして、この度数 $Hb[x]$ を用いて、リファレンスバー領域 248 における輝度 $Yb[i, j]$ の平均値 Mb および偏差 Db が求められる。具体的には、平均値 Mb は、数 2 によって求められ、偏差 Db は、数 3 によって求められる。

【0048】

【数 2】

$$Mb = \sum_{x=0}^{255} \{x \cdot Hb[x]\}$$

【0049】

【数 3】

$$Db = \sqrt{\sum_{x=0}^{255} \{(x - Mb)^2 \cdot Hb[x]\}}$$

【0050】

これら数 2 および数 3 によって求められた平均値 Mb および偏差 Db もまた、上述のテーブル 300 に記録される。そして、これら平均値 Mb および偏差 Db は、図 11 に示すように、文字列 224 および 226 によって表示される。

【0051】

さらに、現在有効化されている画像が“画像 1”である場合には、平均値 Mb および偏

差Dbは、それぞれ上述した基準平均値SMbおよび基準偏差SDbとして設定される。換言すれば、図12のテーブル300において、“画像1”の欄に記録された平均値Mbおよび偏差Dbは、それぞれ基準平均値SMbおよび基準偏差SDbとして取り扱われる。そして、これらの基準平均値SMbおよび基準偏差SDbは、図11に示すように、文字列208および210によって表示される。

【0052】

このようにしてリファレンスバー領域248の選択が行われた後、次に、“評価対象”と記されたラジオボタン236がONされたとする。そして、領域選択エリア212に表示されたレントゲン撮影画像214上において、図13に点線254で示すように、上述した図2における矩形領域38に対応する部分が選択されたとする。即ち、第1小白歯28に対応する画像256のうち歯根40の下側半分に対応する部分258と、その周囲の歯槽骨34に対応する部分260とが、領域選択用の矩形254で囲まれたとする。

【0053】

すると、図14に示すように、矩形254で囲まれた評価対象としての領域の拡大画像262が、評価対象表示エリア222に表示される。そして、当該評価対象領域254を構成する各画素の輝度Yo[i, j]が256階調に振り分けられると共に、次の数4に基づいて、それぞれの階調x毎の度数Ho[x]が求められる。

【0054】

【数4】

$$Ho[x] = \frac{no[x]}{No}$$

【0055】

この数4において、no[x]は、階調xに振り分けられた画素数であり、Noは、評価対象領域254を構成する全ての画素数である。この数4の演算結果Hoは、上述した図12のテーブル300に記録される。

【0056】

そして、この数4の演算結果Ho[x]を用いて、評価対象領域254における輝度Yo[i, j]の平均値Moおよび偏差Doが求められる。具体的には、平均値Moは、数5によって求められ、偏差Doは、数6によって求められる。

【0057】

【数5】

$$Mo = \sum_{x=0}^{255} \{x \cdot Ho[x]\}$$

【0058】

【数6】

$$Do = \sqrt{\sum_{x=0}^{255} \{(x - Mo)^2 \cdot Ho[x]\}}$$

【0059】

これら数5および数6によって求められた平均値Moおよび偏差Doもまた、上述のテーブル300に記録される。

【0060】

さらに、上述した基準平均値SMbおよび基準偏差SDbと、数2および数3によって求められた平均値Mbおよび偏差Dbとに基づいて、評価対象領域254の画像の輝度Yo[i, j]が補正される。具体的には、次の数7によって補正後輝度Yo'[i, j]が求められる。

【0061】

【数 7】

$$Yo'[i, j] = \frac{SDb}{Db} \cdot (Yo[i, j] - Mb) + SMb$$

【0062】

そして、上述した数 4～数 6 と同様の要領で、当該補正後輝度 $Yo'[i, j]$ に基づく階調毎度数 $Ho'[x]$ 、平均値 Mo' および偏差 Do' が求められる。これら補正後の階調毎度数 $Ho'[x]$ 、平均値 Mo' および偏差 Do' もまた、上述のテーブル 300 に記録される。なお、有効化されている“画像 A”が“画像 1”である場合は、補正後輝度 $Yo'[i, j]$ は補正前の輝度 $Yo[i, j]$ と等価になる。従って、補正後の階調毎度数 $Ho'[x]$ 、平均値 Mo' および偏差 Do' もまた、補正前の階調毎度数 $Ho[x]$ 、平均値 Mo および偏差 Do と等価になる。そして、補正後の平均値 Mo' および偏差 Do' は、図 14 に示すように、文字列 230 および 232 によって表される。

【0063】

さらに、ヒストグラム表示エリア 242 には、上述の階調毎度数 $Ho[x]$ および補正後の階調毎度数 $Ho'[x]$ のそれぞれに従う 2 つのヒストグラムが表示される。即ち、横軸に階調 x を表し、縦軸に当該階調 x 毎の度数 $Ho[x]$ または $Ho'[x]$ を表した 2 本の曲線 264 および 266 が表示される。これらの曲線 264 および 266 は、互いに異なる色で表示され、例えば曲線 264 は青色で表示され、曲線 266 は赤色で表示される。なお、有効化されている“画像 A”が“画像 1”の場合には、各曲線 264 および 266 は互いに重複して表示され、例えば曲線 264 の上に曲線 266 が重ねて表示される。従って、この場合、外観上は 1 本の曲線 266 のみが表示されているように見える。また、上述した目盛線 224, 224, … およびこれらの指示値を表す文字列 246, 246, … は、64 階調毎に表示されている。

【0064】

このように図 14 に示すようなサブ画像 200 が表示された後、タイトルバー 202 の右端にある“×”印のボタン（いわゆる閉じるボタン）268 がクリックされると、ディスプレイ 24 の表示は、図 15 に示すようなメイン画面 100 に戻る。

【0065】

即ち、補正後の平均値 Mo' および偏差 Do' が、“画像 1”のピクチャボックス 116 の下方の文字列 120 および 122 によって表される。そして、上述した基準平均値 SMb および基準偏差 SDb が、メイン画面 100 の右端部分に表示された文字列 130 および 132 によって表される。さらに、ヒストグラム表示エリア 134 には、横軸に階調 x を表し、縦軸に当該階調 x 毎の補正後の度数 $Ho'[x]$ を表したヒストグラム、つまり図 14 における曲線 266 と同様の曲線 142 が表示される。なお、このヒストグラム表示エリア 134 においても、目盛線 136, 136, … およびこれらの目盛値を表す文字列 138, 138, … は、64 階調毎に表示される。

【0066】

これと同じ要領で、“画像 2”についてもサブ画像 200 が表示され、当該サブ画像 200 上でリファレンスバー領域 248 と評価対象領域 254 とが選択されると、当該サブ画像 200 は図 16 に示すようになる。

【0067】

即ち、サブ画面 200 の右端部分に表示された文字列 224 および 226 によって、リファレンスバー領域 248 の輝度 $Yb[i, j]$ の平均値 Mb および偏差 Db が表される。換言すれば、上述した数 2 および数 3 の演算結果 Mb および Db が表示される。そして、文字列 230 および 232 によって、評価対象領域 254 の補正後の輝度 $Yo'[i, j]$ の平均値 Mo' および偏差 Do' が表される。つまり、数 5 および数 6 の算出結果 Mo' および Do' が表示される。さらに、ヒストグラム表示エリア 242 に、補正前の階調毎度数 $Ho[x]$ および補正後の階調毎度数 $Ho'[x]$ のそれぞれに従う 2 つの曲線 264 および 266 が、互いに異なる色で表示される（図 16 においてはこの色の違いを

線種の違いで表現している)。

【0068】

なお、ここで言う補正、つまり上述の数7に基づく補正とは、次のような意味を持つ。即ち、数7に基づいて補正されるということは、“画像A”と“画像1”との間で互いのリファレンスバー領域248(図10参照)の輝度 $Y_b[i, j]$ が等価となるように、当該“画像A”の評価対象領域254の輝度 $Y_o[i, j]$ が補正される、ということである。換言すれば、“画像A”の輝度 $Y_o[i, j]$ の基準が、“画像1”の輝度 $Y_o[i, j]$ の基準に合わせられる、ということである。

【0069】

また、図16に示すように、領域選択エリア212内に表示されているレントゲン撮影画像214が傾いている場合は、スライド216によって当該レントゲン撮影画像214の傾きを矯正する。具体的には、例えばレントゲン撮影画像214上のリファレンスバー250が水平方向に沿って延伸していないときは、当該リファレンスバー250が水平方向に沿って延伸するように当該レントゲン撮影画像214の傾きを矯正する。そして、この矯正後、リファレンスバー領域248を選択する。一方、各歯28~32に対応する画像256, 270および272の並びが水平方向に沿っていない場合には、この並びが水平方向に沿うようにレントゲン撮影画像214の傾きを矯正する。そして、この矯正後、評価対象領域254を選択する。

【0070】

このようにして“画像2”についてリファレンスバー領域248と評価対象領域256とが選択された後、これと同様の要領で、“画像3”および“画像4”のそれぞれについて当該各領域248および256が選択され、ディスプレイ24の表示がメイン画面100に戻されると、当該メイン画面100は図17に示すようになる。

【0071】

即ち、各“画像A”の補正後の平均値 M_o' および偏差 D_o' が、それぞれに対応するピクチャボックス116, 116, …の下方の文字列120および122によって表示される。そして、上述したように、メイン画面100の右端部分に表示された文字列130および132によって、基準平均値 SM_b および基準偏差 SD_b が表される。さらに、ヒストグラム表示エリア134に、各“画像A”の補正後の階調毎度数 $H_o'[x]$ に従う4つのヒストグラム(曲線142, 142, …)が、互いに異なる色で表示される。

【0072】

このように、この第1実施形態によれば、評価対象領域254の位置が一様に規定されると共に、一定の基準の下で評価対象領域254の輝度 $Y_o[i, j]$ が補正される。そして、この補正後輝度 $Y_o'[i, j]$ に基づいて、それぞれ撮影日の異なる各“画像A”間で濃淡度が比較される。従って、この比較結果から時間の経過に伴う骨密度の変化を容易に把握することができる。即ち、骨密度を感覚的にしか評価できなかった従来技術とは異なり、当該骨密度を定量的に、つまり正確に評価することができる。

【0073】

なお、図17に示すメイン画面100の内容、言わば骨密度の評価結果は、上述したようにハードディスクに記録(保存)することができる。また、当該評価結果は、レーザプリンタ16によってカルテ42に印刷することもできる。このように評価結果を記録したり印刷したりするためのコマンドは、メイン画面100のメニューバー106内にある“ファイル”メニューに格納されている。そして、メイン画面100のタイトルバー102の右端にある“×”印のボタン144がクリックされると、骨密度評価プログラムが終了される。

【0074】

このように骨密度評価プログラムが起動されているとき、PC12(厳密にはPC12内のCPU)は、図18~図21のフローチャートに示される各処理を実行する。

【0075】

即ち、図18に示すように、骨密度評価プログラムが起動されると、PC12は、ステ

ップS 1に進み、上述した図12のテーブル300の内容を参照する。そして、ステップS 3に進み、当該ステップS 1における参照結果に基づいて、ディスプレイ24にメイン画面100を表示する。

【0076】

メイン画面100の表示後、PC12は、ステップS 5に進み何らかの操作が成されるのを待つ。つまり、コマンド待ち状態となる。そして、何らかの操作が成されると、PC12は、ステップS 7に進み、その操作内容を判定する。

【0077】

ここで、骨密度評価プログラムを終了する旨の操作が成される、つまり上述の“×”印のボタン144がマウス22によってクリックされると、PC12は、当該骨密度評価プログラムを終了する。

【0078】

一方、いずれかのラジオボタン124がクリック（ON）されると、PC12は、ステップS 9に進み、クリックされたラジオボタン124のみにチェックマーク（黒丸）が表示されるように、各ラジオボタン124、124、…の表示を制御する。そして、ステップS 11に進み、当該クリックされたラジオボタン124に対応する“画像A（Aは1～4のいずれかの数字）”を有効化した後、ステップS 5に戻る。

【0079】

また、ステップS 7においてハードディスクから任意の画像を読み込む旨の操作が成されたと判定すると、PC12は、ステップS 13に進む。そして、このステップS 13において画像を読み出した後、ステップS 15において当該読み出した画像を“画像A”に対応するピクチャボックス116に表示する。さらに、ステップS 17において、“画像A”の補正後の平均値M_o’および偏差D_o’を表示するための文字列120および122をクリアする（ゼロにする）。そして、ステップS 5に戻る。

【0080】

さらに、ステップS 7において領域選択の旨の操作が成されたと判断すると、PC12は、ステップS 19に進み、“画像A”が既に読み込まれているか否かを判断する。ここで、“画像A”が未だ読み込まれていない場合は、ステップS 21に進み、図には示さないが、“画像A”が未だ読み込まれていないことを表すメッセージをディスプレイ24に表示する。そして、このメッセージを一定時間表示した後、ステップS 105に戻る。

【0081】

一方、“画像A”が読み込まれている場合には、ステップS 19からステップS 23に進み、領域選択処理を行う。即ち、上述したサブ画面200の機能を実現するための処理を実行する。この領域選択処理の詳細については、後で説明する。そして、このステップS 23の領域選択処理を終えると、PC12は、ステップS 1に戻る。

【0082】

そして、ステップS 7において評価結果を保存する旨の操作が成されたと判断すると、PC12は、ステップS 25に進む。そして、このステップS 25において評価結果、つまりメイン画面100の内容をハードディスクに記録した後、ステップS 105に戻る。

【0083】

また、ステップS 7において評価結果を印刷する旨の操作が成されたと判断すると、PC12は、ステップS 27に進み、当該評価結果をレーザプリンタ16に印刷させる。そして、印刷終了後、ステップS 5に戻る。

【0084】

さらに、ステップS 7において上述以外の操作が成されたと判断すると、PC12は、ステップS 29に進み、その操作に応じた処理を実行した後、ステップS 5に戻る。

【0085】

さて、上述のステップS 23の領域選択処理において、PC12は、具体的に次のような処理を実行する。即ち、図19に示すように、領域選択処理に入ると、PC12は、まず、ステップS 101においてディスプレイ24にサブ画面200を表示する。そして、

ステップS103において何らかの操作が成されるのを待ち、何らかの操作が成されると、ステップS105に進んで当該操作の内容を判定する。

【0086】

ここで、サブ画面200の表示を終了する旨の操作が成されると、つまり“×”印のボタン268がクリックされると、PC12は、ステップS107に進み、当該サブ画面200の表示を終了する。そして、改めてメイン画面100を表示するべく、図18のステップS1に戻る。

【0087】

一方、ステップS105においてスライダ216が操作されたと判断すると、PC12は、ステップS109に進む。そして、このステップS109において、マウス22の操作に応じてサブ画面200上のスライダ216の表示状態を制御し、さらにステップS111において当該スライダ216の位置に応じて文字列218（レントゲン撮影画像214の回転角度）の表示を制御する。そしてさらに、ステップS113において、レントゲン撮影画像214の傾きを制御した後、ステップS115に進み、マウス22による操作が継続されているか否かを判断する。ここで、操作が継続されている場合は、ステップS109に戻り、継続されていない場合には、ステップS103に戻る。

【0088】

そして、ステップS105においていずれかのラジオボタン236がクリックされたと判断すると、PC12は、ステップS117に進み、クリックされたラジオボタン236にのみチェックマークが表示されるように、各ラジオボタン236および236の表示を制御する。そして、ステップS119において、当該クリックされたラジオボタン236に対応する領域がリファレンスバー領域248および評価対象領域254のいずれであるのかを認識した後、ステップS103に戻る。

【0089】

さらに、ステップS105において上述のリファレンスバー36に対応する領域248が選択された、つまり“リファレンスバー”と記されたラジオボタン236がONされている状態で領域選択エリア212内のレントゲン撮影画像214上においてマウス22の操作が成されたと判断すると、PC12は、図20のステップS121に進む。そして、このステップS121において、マウス22の操作に応じてリファレンスバー領域248を設定した後、ステップS123に進み、当該リファレンスバー領域248の画像をリファレンスバー表示エリア220に拡大表示する。

【0090】

そして、PC12は、ステップS125において、リファレンスバー領域248の画像の輝度 $Yb[i, j]$ を取得する。このとき、当該輝度 $Yb[i, j]$ を256階調に振り分ける。そして、ステップS127において、上述した数1に基づいて階調毎度数 $Hb[x]$ を演算し、ステップS129において、当該演算結果 $Hb[x]$ を上述した図12のテーブル300に記録する。

【0091】

さらに、PC12は、ステップS131において、上述の数2に基づいて平均値 Mb を求めると共に、数3に基づいて偏差 Db を求め、ステップS133において、これらの演算結果 Mb および Db をテーブル300に記録する。そして、ステップS135において、これら平均値 Mb および偏差 Db を文字列224および226で表した後、ステップS137において、現在有効化されているのは“画像1”であるか否かを判断する。

【0092】

ここで、“画像1”が有効化されていると判断すると、PC12は、ステップS139に進み、上述の平均値 Mb および偏差 Db を、それぞれ基準平均値 SMb および基準偏差 Db として、文字列208および210によって表示する。そして、この表示後、図19のステップS103に戻る。一方、現在有効化されているのが“画像1”ではない場合は、ステップS139をスキップして、直接ステップS103に戻る。

【0093】

また、図19のステップS105において評価対象領域254が選択された、つまり“評価対象”と記されたラジオボタン236がONされている状態で領域選択エリア212内のレントゲン撮影画像214上においてマウス22の操作が成されたと判断すると、PC12は、図21のステップS141に進む。そして、このステップS141において、マウス22の操作に応じて評価対象領域254を設定した後、ステップS143に進み、当該評価対象領域254内の画像を評価対象表示エリア222に拡大表示する。

【0094】

そして、ステップS145において、評価対象領域254内の画像の輝度 $Y_o[i, j]$ を取得する。このとき、当該輝度 $Y_o[i, j]$ を256階調に振り分ける。そして、ステップS147において、上述した数4に基づいて階調毎度数 $H_o[x]$ を演算し、ステップS149において、当該演算結果 $H_o[x]$ を図12のテーブル300に記録する。さらに、PC12は、ステップS151において、階調毎度数 $H_o[x]$ に従うヒストグラム、つまり曲線264を、ヒストグラム表示エリア242に表示する。

【0095】

このステップS151の実行後、PC12は、ステップS153に進む。そして、このステップS153において、上述した数5に基づいて平均値 M_o を求めると共に、数6に基づいて偏差 D_o を求め、ステップS155において、これらの演算結果 M_o および D_o をテーブル300に記録する。そして、ステップS157において、基準平均値 SM_b および基準偏差 SD_b が設定されているか否かを判断する。

【0096】

ここで、基準平均値 SM_b および基準偏差 SD_b が設定されていない場合、PC12は、図19のステップS103に戻る。一方、基準平均値 SM_b および基準偏差 SD_b が設定されている場合は、ステップS159に進み、上述した数7に基づいて、補正後輝度 $Y_o'[i, j]$ を求める。このときも、当該補正後輝度 $Y_o'[i, j]$ を256階調に振り分ける。

【0097】

そして、ステップS161に進み、補正後輝度 $Y_o'[i, j]$ に基づく階調毎度数 $H_o'[x]$ を求めた後、ステップS163において当該演算結果 $H_o'[x]$ を上述のテーブル300に記録する。そして、ステップS165において、補正後の階調毎度数 $H_o'[x]$ に従うヒストグラム、つまり曲線266を、ヒストグラム表示エリア242に表示する。

【0098】

さらに、PC12は、ステップS167において、補正後の階調毎度数 $H_o'[x]$ に基づいて平均値 M_o' を求めると共に、これら補正後の階調毎度数 $H_o'[x]$ および平均値 M_o' に基づいて偏差 D_o' を求める。そして、ステップS169において、これらの演算結果 M_o' および D_o' をテーブル300に記録する。さらに、ステップS171において、これら補正後の平均値 M_o' および偏差 D_o' を文字列230および232によって表示した後、図19のステップS103に戻る。

【0099】

以上のように、第1実施形態の骨密度評価システム10は、図1に示すような比較的簡単かつ安価な構成であるので、開業医のような比較的の小規模な医療施設においても容易に導入することができる。しかも、上述した従来技術とは異なり、定量的に骨密度を評価できるので、歯科治療過程において前置的なスクリーニング（骨粗鬆症であるか否かの判断）が可能となる。このことは、後々の治療計画を立てるのに極めて有用であり、例えば下顎骨の強健さが要求されるインプラント治療の事前検査に特に貢献する。

【0100】

なお、この第1実施形態においては、PC12に骨密度評価プログラムを実行させることで当該PC12を骨密度評価装置として機能させるようにしたが、これに限らない。例えば、この第1実施形態と同様の機能を有する専用の骨密度評価装置を構成してもよい。

【0101】

また、画像入力手段として、フィルムスキャナ 14 を用いたが、これに限らない。例えば CCD (Charge Coupled Device) カメラ等の撮影手段を用いてもよいし、レントゲン撮影時に直接画像を取り込むいわゆるデジタルカセットを用いてもよい。そして、印刷手段としてのレーザプリンタ 16 に代えて、インクジェットプリンタやドットインパクトプリンタ等の他の印刷方式を採用するプリンタを用いてもよい。また、磁気カードなどの記録媒体に、評価結果を記録してもよい。さらに、PC 12 に入力される画像や当該 PC 12 から出力される結果を、インターネット等の通信手段によって遠隔地との間で送受信できるようにしてもよい。

【0102】

そして、標本体として階段状のアルミニウム製ブロック 36 を用いたが、これに限らない。例えば、厚みが一定のアルミニウム製ブロックを用いてもよいし、アルミニウム以外の材料で構成されたブロックを用いてもよい。また、アルミニウム製ブロック 36 に代えて、骨密度が既値である擬似骨を用いてもよい。かかる擬似骨を用いれば、当該擬似骨の画像の濃淡度を基に、下顎骨の骨密度を推測することができ、ひいては身体全体の骨密度を推測することができる。

【0103】

また、上述したメイン画面 100 において 4 つのレントゲン撮影画像 140, 140, … を同時に表示すると共に、これら 4 つのレントゲン撮影画像 140, 140, … に係る評価結果 (補正後平均値 M_o' , 補正後偏差 D_o' およびヒストグラム (曲線 142, 142, …)) を同時に表示するようにしたが、これに限らない。即ち、4 以外の数のレントゲン撮影画像 140 およびその評価結果を表示するようにしてもよい。

【0104】

そして、上述した数 7 に基づいて評価対象領域 254 の輝度 $Y_o[i, j]$ を補正したが、当該数 7 以外の演算式 (アルゴリズム) に基づいて補正を行ってもよい。

【0105】

さらに、評価対象領域 254 の形状は矩形に限らない。例えば、歯根 40 (図 2 参照) に対応する部分 258 を当該評価対象領域 254 から排除してもよい。また、当該評価対象領域 254 の形状を任意に設定できるようにしてもよい。このようにすれば、患者毎に微妙に異なる下顎骨の形状 (第 1 小白歯 28 と、これと隣り合う犬歯 30 および第 2 小白歯 32 との並び) の違いに、柔軟かつ的確に対応することができる。

【0106】

また、評価対象領域 254 は、この第 1 実施形態で説明した部分 (第 1 小白歯 28 の歯根 40 の下側半分とその周囲の歯槽骨 34 との部分) 以外の部分としてもよい。ただし、この場合も、各 “画像 A” 間で当該評価対象領域 254 を統一させなければならないことは、言うまでもない。

【0107】

次に、この発明の第 2 実施形態について、図 22 ~ 図 40 を参照して説明する。

【0108】

上述したように、評価対象領域 254 (図 13 参照) の輝度 $Y_o[i, j]$ は、骨密度に相関する。即ち、補正後の輝度 $Y_o'[i, j]$ の平均値 M_o' が大きいほど、骨密度は高く、当該平均値 M_o' が小さいほど、骨密度は低い。このたび、50 歳 ~ 69 歳 (平均年齢約 60 歳) の計 35 人の人間 (サンプル) について、実際に、公知の DXA (Dual energy X-ray Absorptiometry) 法による骨密度測定を実施すると共に、その測定値 (BMD (Bone Mineral Density) 値) と当該補正後平均値 M_o' とを比較してみた。併せて、T 値 (20 歳 ~ 44 歳までの BMD 値の平均値を 100 としたときの実際の BMD 値の比率) についても、補正後平均値 M_o' と比較してみた。その結果を、図 22 に示す。

【0109】

この図 22 に示すように、補正後平均値 M_o' は、BMD 値が大きいほど大きく、BMD 値が小さいほど小さい、という傾向にある。その証拠に、BMD 値と補正後平均値 M_o'

’との間の相関係数は“0.6439”であり、つまり、これら両者間に正の相関がある、と言える。一方、T値との関係についても同様である。即ち、T値と補正後平均値M_o’との間の相関係数は“0.6481”であり、これら両者間にも正の相関がある。このことから、上述の如く補正後平均値M_o’が骨密度に相関することは、明らかである。

【0110】

ところで、一般（国際的）には、骨密度はT値に基づいて評価されることが多い。具体的には、T値が70%以下の場合には、骨粗鬆症であると診断される。そして、T値が71%～80%の場合には、骨減少症であると診断される。さらに、T値が81%以上の場合には、正常であると診断され、特に当該T値が100%以上の場合には、極めて正常（安心）であると診断される。ここで、これらのT値の区分毎に、図22における補正後平均値M_o’の平均を求めると、図23に示すようになる。そして、この図23の関係をグラフで表すと、図24のようになる。

【0111】

これら図23および図24においても、当然に、補正後平均値M_o’はT値と相関し、ひいては骨密度と相関する。換言すれば、補正後平均値M_o’に基づいて骨密度の程度（高低）を判定することができる、と推測される。例えば、補正後平均値M_o’の平均値が71.41%以下である場合は、骨粗鬆症である、厳密には骨粗鬆症の疑いがある、と判定することができる。そして、補正後平均値M_o’の平均値が84.89%以下である場合には、骨減少症である、厳密には骨減少症の疑いがある、と判定することができる。そして、これ以外の場合には、骨密度が正常である、と判定することができる。

【0112】

そこで、この第2実施形態では、補正後平均値M_o’に基づいて骨密度の程度を判定する機能を、上述した骨密度評価プログラムに組み込む。また、第1実施形態においては、“画像1”の輝度Y[i, j]が言わば不変とされたが、この第2実施形態においては、当該“画像1”の輝度Y[i, j]を或る一定の基準に基づいて補正する。これ以外については、第1実施形態と同様であるので、当該第1実施形態と同様の部分についての詳細な説明は省略する。

【0113】

即ち、第2実施形態における骨密度評価プログラムが起動されると、PC12のディスプレイ24には、図25に示すようなメイン画面400が表示される。

【0114】

このメイン画面400は、上述した第1実施形態におけるメイン画面100（図6等参照）に対し、エディットボックス402および404と、文字列406、408および410、410、…とを付加したものである。このうち、エディットボックス402および404は、フレーム領域114の右側略中央に表示され、詳しくは基準偏差SD_bを表す文字列132の下方に上下2段で表示される。そして、これらのエディットボックス402および404の左横方に、“要注意”および“注意”という当該各エディットボックス402および404の見出しを表す2つの文字列406および408が表示される。なお、各エディットボックス402および404の一方、例えば“要注意”という見出し（文字列）406が付されたエディットボックス402には、上述の如く補正後平均値M_o’の平均値に基づいて骨粗鬆症であるか否かを判定する際の基準となる値、例えば71.41%の近似値である“70”という値が、デフォルト値として入力される。そして、“注意”という見出し408が付されたエディットボックス404には、当該補正後平均値M_o’の平均値に基づいて骨減少症であるか否かを判定する際の基準となる値、例えば84.89%の近似値である“85”という値が、デフォルト値として入力される。

【0115】

そして、それぞれのピクチャボックス116の下方に表示された3つの文字列118、120および122のさらに下方に、当該ピクチャボックス116内に表示されるレントゲン撮影画像140に基づく判定結果を表す文字列410が、表示される。この文字列410（判定結果）の表示内容については、後で詳しく説明するが、骨密度評価プログラム

の起動直後は、当該文字列 410 として“チェック未”という文字列が表示される。

【0116】

さて、今、メイン画面 400 において、第 1 実施形態と同様の要領で“画像 1”～“画像 4”に対応する画像データがハードディスクから順次読み込まれ、これによって、図 26 に示すように、各ピクチャボックス 116, 116, …内に当該“画像 1”～“画像 4”に対応するレントゲン撮影画像 140, 140, …が表示されたとする。そして、“画像 1”に対応するラジオボタン 124 が ON された状態、つまり“画像 1”が有効化された状態で、これから輝度 Y [i, j] の補正を開始する旨の操作が成されたとする。すると、ディスプレイ 24 に、図 27 に示すようなサブ画面 500 が表示される。なお、かかる補正開始を指示するためのコマンドは、メニューバー 106 内の“編集”メニューに格納されている。

【0117】

図 27 に示すように、サブ画面 500 の一番上には、第 1 実施形態と同様の横長のタイトルバー 502 が表示される。そして、このタイトルバー 502 には、カルテの番号と、現在有効化されている“画像 A”（ここでは“画像 1”）と、を表す横書きの文字列 504 が、例えば左詰で表示される。さらに、タイトルバー 502 の下方に、矩形のフレーム領域 506 が表示される。

【0118】

このフレーム領域 206 の左側には、第 1 実施形態のサブ画面 200 における領域選択エリア 212 よりも大きめの領域選択エリア 508 が、表示される。そして、この領域選択エリア 508 には、現在有効化されている“画像 A”のレントゲン撮影画像 140 を拡大した拡大画像 509 が表示される。

【0119】

さらに、領域選択エリア 508 の下方であって、フレーム領域 506 の左下隅の部分には、“上”，“下”，“左”および“右”という個別の文字列 510, 510, …が付された 4 つのラジオボタン 512, 512, …が、縦 2 行横 2 列に表示されている。そして、これらのラジオボタン 512, 512, …（文字列 510, 510, …）の上方には、当該ラジオボタン 512, 512, …の機能を表す“領域抽出”という文字列 514 が表示される。さらに、ラジオボタン 512, 512, …（文字列 510, 510, …）の一群の右横方には、“参照チェック”という文字列 514 が付されたチェックボックス 516 が、表示される。

【0120】

一方、領域選択エリア 508 の右横方であって、フレーム領域 206 の上部には、4 つのラジオボタン 518, 518, …が、縦一列に表示される。そして、各ラジオボタン 518, 518, …の右横方には、当該各ラジオボタン 518, 518, …の見出しを表す個別の文字列、例えば“リファレンスバー”，“最高値（白）”，“最低値（黒）”および“評価対象”という文字列 520, 520, …が表示される。さらに、一群のラジオボタン 518, 518, …（文字列 520, 520, …）の上方には、当該ラジオボタン 518, 518, …の機能を表す“選択範囲”という文字列 522 が表示される。

【0121】

そして、一群のラジオボタン 518, 518, …の右横方であって、フレーム領域 506 の右上隅の部分には、注記 524 を表示するための注記エリア 526 が設けられている。なお、サブ画面 500 が表示された直後、換言すれば当該サブ画面 200 によって後述する補正処理が実行される前は、当該注記 524 として“未処理”という文字列が表示される。

【0122】

さらに、注記エリア 526 の下方には、2 つのエディットボックス 528 および 530 が、横並びに表示される。そして、これらのエディットボックス 528 および 530 の上方に、“基準最高値”および“基準最低値”という当該各エディットボックス 528 および 530 の見出しを表す 2 つの文字列 532 および 534 が表示される。なお、各エディ

ットボックス528および530の一方、例えば“基準最高値”という見出し(文字列)532が付されたエディットボックス528には、後述する基準最高値 Y_{\max} が入力される。ただし、サブ画面500の表示直後は、当該基準最高値 Y_{\max} として“180”というデフォルト値が、入力される。そして、他方の“基準最低値”という見出し534が付されたエディットボックス530には、後述する基準最低値 Y_{\min} が入力される。サブ画面500の表示直後は、このエディットボックス530に“30”というデフォルト値が入力される。

【0123】

そしてさらに、各エディットボックス528および530の下方には、横長のリファレンスバー表示エリア536が表示される。そして、このリファレンスバー表示エリア536の左側上方には、“リファレンスバー”という当該リファレンスバー表示エリア536の見出しを表す文字列538が、表示される。

【0124】

また、リファレンスバー表示エリア536の左側下方には、概ね正方形の評価対象表示エリア540が表示される。そして、この評価対象表示エリア540の左側上方には、“評価対象”という当該評価対象表示エリア540の見出しを表す文字列542が、表示される。

【0125】

さらに、評価対象表示エリア540の右横方には、概ね正方形のヒストグラム表示エリア544が表示される。このヒストグラム表示エリア544の横軸には、一定の間隔で垂直の目盛線546、546、…が記されている。また、このヒストグラム表示エリア544の上方には、3つのラジオボタン548、548、…が、横一列に表示される共に、各ラジオボタン548、548、…の右横方には、“原画”、“バー”および“対象”という当該各ラジオボタン548、548、…の見出しを表す個別の文字列550、550、…が表示される。さらに、各ラジオボタン548、548、…(文字列550、550、…)の上方には、当該各ラジオボタン548、548、…の機能を表す“ヒストグラム”という文字列552が表示される。

【0126】

かかるサブ画面500において、例えば、今、図28に示すように、“選択範囲”という文字列522に付属する4つのラジオボタン518、518、…のうち、“リファレンスバー”という見出し520が付されたラジオボタン518がONされたとする。そして、領域選択エリア508内のレントゲン撮影画像509上において、同図に点線554で示すように、マウス22(図1参照)の操作によって上述したリファレンスバー36(図2参照)に対応する部分556が選択されたとする。なお、この選択手順は、上述の第1実施形態(図10)においてリファレンスバー36に対応する部分250を選択するのと同様である。

【0127】

このように点線554で示される言わばリファレンスバー領域が選択されると、このリファレンスバー領域554内における輝度 $Y[i, j]$ の最高値および最低値が、検出される。ここで、最高値としては、基本的に、リファレンスバー領域554のうち上述したアルミニウム箔48が貼着された部分(図3参照)に対応する部分の輝度 $Y[i, j]$ が検出される。一方、最低値としては、リファレンスバー領域554のうちリファレンスバー36の最下段部分(厚さ寸法が T_a の部分)に対応する部分の輝度 $Y[i, j]$ が検出される。

【0128】

これら検出された最高値および最低値は、それぞれ輝度最高値 Y_{\max} および輝度最低値 Y_{\min} として、図29に示すテーブル600に記録される。なお、このテーブル600は、骨密度評価プログラムが起動されたときに、ハードディスク内に形成される。また、このテーブル600には、上述した基準最高値 Y_{\max} および基準最低値 Y_{\min} も記録されている。

【0129】

そして、このテーブル600に記録された輝度最高値 Y_{bmax} 、輝度最低値 Y_{bmin} 、基準最高値 Y_{smax} および基準最低値 Y_{smin} に基づいて、領域選択エリア508に表示されている拡大画像509の輝度 $Y[i, j]$ が補正される。つまり、次の数8に基づいて、補正後輝度 $Y'[i, j]$ が求められる。

【0130】

【数8】

$$Y'[i, j] = \Delta Y[i, j] + Y_{smin}$$

$$\text{where } \Delta Y[i, j] = \frac{Y[i, j] - Y_{bmin}}{Y_{bmax} - Y_{bmin}} \cdot (Y_{smax} - Y_{smin})$$

【0131】

そして、この数8によって求められた補正後輝度 $Y'[i, j]$ に基づいて、領域選択エリア508内の拡大画像509が改めて表示し直される。つまり、補正後輝度 $Y'[i, j]$ に基づくレントゲン撮影画像140の拡大画像509が、当該領域選択エリア508に表示される。

【0132】

さらに、このレントゲン撮影画像140（拡大画像509）の全画素の補正後輝度 $Y'[i, j]$ が、256階調に振り分けられると共に、上述した数1と同様の次の数9に基づいて、それぞれの階調 x 毎の度数 $Ha'[x]$ が求められる。

【0133】

【数9】

$$Ha'[x] = \frac{na'[x]}{Na}$$

【0134】

なお、この数9において、 Na は、レントゲン撮影画像140の全画素数であり、 $na'[x]$ は、当該全画素数 Na のうち階調 x に振り分けられた画素数である。この数9の演算結果 $Ha'[x]$ もまた、上述のテーブル600に記録される。

【0135】

そしてさらに、補正後輝度 $Y'[i, j]$ に従うリファレンス領域554の拡大画像558が、リファレンス表示エリア536に表示される。そして、このリファレンス領域554についても、当該リファレンス領域554を構成する各画素の輝度 $Yb'[i, j]$ が256階調に振り分けられると共に、次の数10に基づいて、それぞれの階調 x 毎の補正後度数 $Hb'[x]$ が求められる。

【0136】

【数10】

$$Hb'[x] = \frac{nb'[x]}{Nb}$$

【0137】

この数10において、 Nb は、リファレンス領域554を構成する全ての画素数であり、 $nb'[x]$ は、当該全画素数 Nb のうち階調 x に振り分けられた画素数である。この数10の演算結果 $Hb'[x]$ もまた、テーブル600に記録される。

【0138】

この数10によって求められた補正後度数 $Hb'[x]$ に基づいて、さらにリファレンス領域554における補正後輝度 $Yb'[i, j]$ の平均値 Mb' が求められる。具体的には、上述した数2と同様の次の数11によって補正後平均値 Mb' が求められる。

【0139】

【数 1 1】

$$Mb' = \sum_{x=0}^{255} \{x \cdot Hb'[x]\}$$

【0 1 4 0】

この数 1 1 の演算結果 Mb' もまた、テーブル 6 0 0 に記録される。そして、現在有効化されている画像が“画像 1”である場合は、この補正後平均値 Mb' は、後述する基準平均値 SMb' として設定される。

【0 1 4 1】

さらに、補正後度数 Hb' [x] および補正後平均値 Mb' に基づいて、リファレンスバー領域 5 5 4 における補正後輝度 Yb' [i, j] の偏差 Db' が求められる。具体的には、上述した数 3 と同様の数 1 2 によって補正後偏差 Db' が求められる。

【0 1 4 2】

【数 1 2】

$$Db' = \sqrt{\sum_{x=0}^{255} \{(x - Mb')^2 \cdot Hb'[x]\}}$$

【0 1 4 3】

そして、この数 1 1 の演算結果 Db' も、テーブル 6 0 0 に記録される。また、現在有効化されている画像が“画像 1”である場合は、この補正後偏差 Db' は、後述する基準偏差 SDb' として設定される。

【0 1 4 4】

これらの補正後平均値 Mb' および補正後偏差 Db' は、注記 5 2 4 として注記エリア 5 2 6 に表示される。また、この注記エリア 5 2 6 の上部には、当該注記 5 2 4 として、“リファレンスバー”という見出しを表す文字列も表示される。

【0 1 4 5】

ここで、上述した“ヒストグラム”という文字列 5 5 2 に付属する 3 つのラジオボタン 5 4 8, 5 4 8, …のうち、“バー”という見出し 5 5 0 が付されたラジオボタン 5 4 8 が ON されるとする。すると、ヒストグラム表示エリア 5 4 4 に、リファレンスバー領域 5 5 2 の補正後度数 Hb' [x] に従う曲線（ヒストグラム）5 6 0 が表示される。従って、この曲線 5 6 0 から、リファレンスバー領域 5 5 2 の補正後輝度 Yb' [i, j] の分布を認識することができる。

【0 1 4 6】

また、図には示さないが、“原画”という見出し 5 5 0 が付されたラジオボタン 5 4 8 が ON されると、ヒストグラム表示エリア 5 4 4 には、レントゲン撮影画像 1 4 0 全体の補正後度数 Ha' [x] に従うヒストグラムが表示される。従って、この補正後度数 Ha' [x] に従うヒストグラムから、レントゲン撮影画像 1 4 0 全体の補正後輝度 Y' [i, j] の分布を認識することができる。なお、この時点で、“対象”という見出し 5 5 0 が付されたラジオボタン 5 4 8 が ON されても、ヒストグラム表示エリア 5 4 4 には、何ら表示されない。

【0 1 4 7】

次に、図 3 0 に示すように、“選択範囲”という文字列 5 2 2 に付属する 4 つのラジオボタン 5 1 8, 5 1 8, …のうち、“最高値（白）”という見出し 5 2 0 が付されたラジオボタン 5 1 8 が ON されるとする。なお、当該“最高値（白）”というラジオボタン 5 1 8 が ON されることによって、上述の“リファレンスバー”というラジオボタン 5 1 8 が OFF される。これと同時に、リファレンスバー領域（点線）5 5 4 の表示も消える。

【0 1 4 8】

この図 3 0 に示す状態において、領域選択エリア 5 0 8 内のレントゲン撮影画像 5 0 9 上の任意の位置でクリックされると、そのクリック位置の輝度 Y [i, j] が、輝度最高値 $Ybmax$ として設定し直される。つまり、テーブル 6 0 0 内の輝度最高値 $Ybmax$

が更新される。そして、この更新後の輝度最高値 Y_{bmax} は、上述の注記エリア 526 に注記 524 として表示される。

【0149】

さらに、更新後の輝度最高値 Y_{bmax} に基づいて、補正後輝度 $Y' [i, j]$ が改めて補正される。そして、この言わば再補正後の輝度 $Y' [i, j]$ に基づいて、レントゲン撮影画像 114 (509) 全体の階調毎度数 $H_a' [x]$ 、リファレンスバー領域 554 (拡大画像 558) の階調毎度数 $H_b' [x]$ 、輝度平均値 M_b' および輝度偏差 D_b' が、改めて補正される。これらの補正結果は、領域選択エリア 508 に表示されたレントゲン撮影画像 509、リファレンスバー表示エリア 536 に表示された拡大画像 558、およびヒストグラム表示エリア 544 に表示された曲線 560 にも、反映される。

【0150】

なお、輝度最高値 Y_{bmax} としては、上述したようにリファレンスバー領域 554 のうちアルミニウム箔 48 が貼着された部分に対応する部分、つまり最も白く（明るく）撮影されている部分の輝度 $Y' [i, j]$ が設定されるのが、望ましい。なぜなら、これ以外の部分が設定された場合は、正確な補正後輝度 $Y' [i, j]$ を得られない可能性があるからである。ただし、例えばレントゲン撮影画像 509 (114) 上においてアルミニウム箔 48 に対応する部分が良好に撮影されておらず、かついずれかの歯 28, 30 または 32 に金属を用いた治療が施されている場合（例えば金冠または銀冠が被覆されている場合）には、当該金属に対応する部分の輝度 $Y' [i, j]$ が輝度最高値 Y_{bmax} として設定されるようにする。このようにすれば、アルミニウム箔 48 に対応する部分が良好に撮影されていなくても、比較的に望ましい補正後輝度 $Y' [i, j]$ を得ることができる。

【0151】

続いて、図 31 に示すように、“選択範囲” に付属する 4 つのラジオボタン 518, 518, … のうち、“最低値（黒）” という見出し 520 が付されたラジオボタン 518 が ON されるとする。そして、この状態で、レントゲン撮影画像 509 上の任意の位置においてクリックされると、そのクリック位置の輝度 $Y [i, j]$ が、輝度最低値 Y_{bmin} として設定し直される。つまり、テーブル 600 内の輝度最低値 Y_{bmin} が更新される。そして、この更新後の輝度最低値 Y_{bmin} は、注記エリア 526 に注記 524 として表示される。

【0152】

さらに、上述の輝度最高値 Y_{bmax} が更新されたときと同様に、更新後の輝度最低値 Y_{bmin} に基づいて、補正後輝度 $Y' [i, j]$ が改めて補正される。そして、この再補正後輝度 $Y' [i, j]$ に基づいて、階調毎度数 $H_a' [x]$ および $H_b' [x]$ 、輝度平均値 M_b' 並びに輝度偏差 D_b' が、改めて補正されると共に、この補正結果は、領域選択エリア 508 内のレントゲン撮影画像 509、リファレンスバー表示エリア 536 内の拡大画像 558、およびヒストグラム表示エリア 544 内の曲線 560 に、反映される。

【0153】

なお、輝度最低値 Y_{bmin} としては、上述したようにリファレンスバー領域 554 のうちリファレンスバー 36 の最下段部分に対応する部分の輝度 $Y [i, j]$ が設定されるのが、望ましい。ただし、例えば当該リファレンスバー 36 の最下段部分が良好に撮影されていない場合には、レントゲン撮影画像 509 上で最も黒く（暗く）撮影されている部分の輝度 $Y' [i, j]$ が設定されるようにする。このようにすれば、リファレンスバー 36 の最下段部分が良好に撮影されていない場合でも、比較的に望ましい補正後輝度 $Y' [i, j]$ を得ることができる。

【0154】

さらに続いて、図 32 に示すように、上述した 4 つのラジオボタン 518, 518, … のうち、“評価対象” という見出し 520 が付されたラジオボタン 518 が ON されたとする。これによって、評価対象領域 562 の選択が開始される。

【0155】

即ち、領域選択エリア508内のレントゲン撮影画像509上において、第1実施形態(図13参照)のときと同様に、マウス22の操作によって評価対象領域562が選択される。ただし、第1実施形態では、評価対象領域254の形状が矩形に限定されたが、この第2実施形態においては、当該評価対象領域562を多角形状に選択することができる。具体的には、マウス22による最初のクリック操作によって、評価対象領域562(枠)の始点が設定される。そして、マウス22によってクリック操作が成される度に、評価対象領域562の頂点が設定される。そして、評価対象領域362の始点と同じ位置でマウス22がダブルクリックされると、当該評価対象領域362の終点が設定される。従って、例えば矩形状の評価対象領域562を形成することもできるが、図32に示すように、第1小白歯28の歯根40に対応する部分564を当該評価対象領域562から外すこともできる。つまり、歯根40の周囲の歯槽骨34に対応する部分566のみを評価対象領域562として選択することができる。

【0156】

このようにして評価対象領域562が選択されると、サブ画面500の上に、図33に示すようなメッセージボックス700がオーバーレイ表示される。このメッセージボックス700には、選択された評価対象領域562の確定の可否を問うメッセージ、例えば“この領域でキャプチャしてもよろしいですか?”という文字列702が表示される。そして、この文字列702の下方に、“はい”、“いいえ”および“キャンセル”という個別の文字列が付された3つのボタン704、706および708が、横一列に表示される。

【0157】

このメッセージボックス700において、例えば“はい”というボタン704がクリックされると、評価対象領域562が確定される。そして、上述した数4と同様の次の数13に基づいて、確定された評価対象領域562の補正後度数 $Ho'[x]$ が求められる。

【0158】

【数13】

$$Ho'[x] = \frac{no'[x]}{No}$$

【0159】

なお、この数13において、 No は、評価対象領域562を構成する全ての画素数であり、 $no'[x]$ は、当該全画素数 No のうち階調 x の画素数である。この数13の演算結果 $Ho'[x]$ は、上述したテーブル600に記録される。

【0160】

そして、この数13によって求められた補正後度数 $Ho'[x]$ に基づいて、評価対象領域562における補正後輝度 $Yo'[i, j]$ の平均値、つまり上述した補正後平均値 Mo' が求められる。具体的には、上述した数5と同様の次の数14によって、補正後平均値 Mo' が求められる。

【0161】

【数14】

$$Mo' = \sum_{x=0}^{255} \{x \cdot Ho'[x]\}$$

【0162】

この数14の演算結果 Mo' もまた、テーブル600に記録される。この数14によって求められた補正後平均値 Mo' および上述の補正後度数 $Ho'[x]$ に基づいて、評価対象領域562における補正後輝度 $Yo'[i, j]$ の偏差 Do' が求められる。具体的には、上述した数6と同様の数15によって補正後偏差 Do' が求められる。なお、この数15の演算結果 Do' もまた、テーブル600に記録される。

【0163】

【数 15】

$$D o' = \sqrt{\sum_{x=0}^{255} \{ (x - M o')^2 \cdot H o'[x] \}}$$

【0164】

このようにして評価対象領域 562 の補正後度数 $H o' [x]$, 補正後平均値 $M o'$ および補正後偏差 $D o'$ が求められた後、メッセージボックス 700 の表示が消える。そして、サブ画面 500 が、図 34 に示すような状態に遷移する。

【0165】

即ち、評価対象表示エリア 540 内に、評価対象領域 562 の拡大画像 568 が表示されると共に、注記エリア 526 に、補正後平均値 $M o'$ および補正後偏差 $M o'$ を表す文字列が、注記 524 として表示される。また、この注記エリア 526 の上部には、当該注記 524 として、“評価対象”という見出しを表す文字列も表示される。

【0166】

ここで、上述した“ヒストグラム”に付属する 3 つのラジオボタン 548, 548, …のうち、“対象”という見出し 550 が付された右側にあるラジオボタン 548 が ON されるとする。すると、ヒストグラム表示エリア 544 に、評価対象領域 562 の補正後度数 $H o' [x]$ に従う曲線 560 が表示される。従って、この曲線 560 から、評価対象領域 562 の補正後輝度 $Y o' [i, j]$ の分布を認識することができる。

【0167】

なお、“原画”というラジオボタン 548 が ON されると、上述したようにヒストグラム表示エリア 544 には、レントゲン撮影画像 140 全体の補正後度数 $H a' [x]$ に従うヒストグラムが表示される。そして、“バー”というラジオボタン 548 が ON されると、リファレンスバー領域 552 の補正後度数 $H b' [x]$ に従うヒストグラムが表示される。

【0168】

また、評価対象領域 562 が確定された後で、上述の如く輝度最高値 $Y b m a x$ が更新されると、この更新後の輝度最高値 $Y b m a x$ に基づいて、補正後輝度 $Y' [i, j]$ が改めて補正され、ひいては当該評価対象領域 562 の補正後度数 $H o' [x]$, 補正後平均値 $M o'$ および補正後偏差 $D o'$ も改めて補正される。そして、これらの補正結果は、評価対象表示エリア 540 の拡大画像 568、およびヒストグラム表示エリア 544 の曲線 560 にも、反映される。このことは、輝度最低値 $Y b m i n$ が更新されたときも、同様である。

【0169】

図 33 に戻って、メッセージボックス 700 において、“いいえ”というボタン 706 がクリックされると、当該メッセージボックス 700 の表示が消える。この場合、図 32 のサブ画面 500 が再度現れる。そして、このサブ 500 において、評価対象領域 562 の形状および寸法を任意に変更することができる。この変更手順については、一般の画像編集ソフトウェアによる手順と同様であるので、詳しい説明を省略する。

【0170】

また、メッセージボックス 700 において“キャンセル”というボタン 708 がクリックされると、当該メッセージボックス 700 の表示が消えると共に、サブ画面 500 が最初の状態、つまり評価対象領域 562 の始点が設定される前の状態に戻る。なお、メッセージボックス 700 の右上にある“×”印の閉じるボタン 710 がクリックされた場合も、同様である。

【0171】

さらに、サブ画面 500 において、上述した“基準最高値”という見出し 532 が付されたエディットボックス 528 の数値が変更されると、これに従ってテーブル 600 内の基準最高値 $Y s m a x$ が更新される。そして、この更新後の基準最高値 $Y s m a x$ に基づ

いて、補正後輝度 $Y' [i, j]$ が改めて補正され、ひいてはテーブル 600 内の各パラメータ、つまり各補正後度数 $H a'$ 、 $H b'$ 、 $H o'$ 、補正後平均値 $M b'$ 、 $M o'$ 、補正後偏差 $D b'$ および $D o'$ も改めて補正される。そして、これらの補正結果は、領域選択エリア 508 のレントゲン撮影画像 509、評価対象表示エリア 540 の拡大画像 568、およびヒストグラム表示エリア 544 の曲線 560 にも、反映される。このことは、“基準最低値” という見出し 534 が付されたエディットボックス 530 の数値が変更されたときも、同様である。ただし、これら基準最高値 $Y s m a x$ および基準最低値 $Y s m i n$ は、飽くまで基準値であるので、不用意に変更されるのは好ましくない。これらに変更されるのは、例えば上述の如くリファレンスパー領域 554 が良好に撮影されていない場合等のように輝度最高値 $Y b m a x$ または輝度最低値 $Y b m i n$ を正確に捉えることができない場合に留めておくのが、望ましい。

【0172】

なお、この第 2 実施形態では、上述したように評価対象領域 562 を多角形状に選択することができるが、その反面、当該評価対象領域 562 として一定の形状でかつ一定寸法の領域を設定し難くなる場合がある。そこで、この第 2 実施形態においては、一定形状かつ一定寸法の評価対象領域 562 を設定できるようにするべく、当該評価対象領域 562 の設定を支援する領域設定支援機能を備えている。

【0173】

即ち、“参照チェック” という見出し 514 が付されたチェックボックス 516 がクリックされると、図 35 に示すように、当該チェックボックス 516 にチェックマーク 570 が入力される。これによって、上述の領域設定支援機能が有効化される。そして、“領域抽出” という文字列 514 の下方にある 4 つのラジオボタン 512、512、…のいずれか、例えば“上” という文字列 510 が付されたラジオボタン 512 が ON されるとする。この状態で、レントゲン撮影画像 509 上の第 1 小白歯 28 の最上端に対応する部分がクリックされると、当該部分に所定のマーク、例えば“×” というマーク 572 が付される。

【0174】

これと同様に、例えば“下”、“左” および“右” のラジオボタン 512、512、…がこの順番で ON されると共に、レントゲン撮影画像 509 上の第 1 小白歯 28 の最下端、左端および右端のそれぞれに対応する部分がこの順番でクリックされると、図 36 に示すように、当該第 1 小白歯 28 の最下端、左端および右端に対応する部分のそれぞれに、マーク 572 が付される。そして、このように“上”、“下”、“左” および“右” に対応する 4 つのマーク 572、572、…が付されると、これらのマーク 572、572、…を各辺に 1 つずつ置く矩形の目印線 574 が、自動的に描画される。さらに、この目印線 574 の中央に、当該目印線 574 で表される矩形を半分に縮小した別の目印線 576 が描画されると共に、互いに対向するマーク 572、572、…を結ぶ直線状の目印線 578 および 580 が描画される。

【0175】

従って、図 37 に示すように、これらの目印線 574～580 を参考にして、評価対象領域 562 を描画する、つまり始点、各頂点および終点を指定すれば、当該評価対象領域 562 を設定し易くなり、ひいては一定形状かつ一定寸法の評価対象領域 562 を設定できるようになる。なお、ラジオボタン 512、512、…を ON する順番は、任意である。また、それぞれのマーク 572 の位置は、任意に変更することができる。そして、上述したチェックマーク 570 が外されると（チェックボックス 516 が再度クリックされると）、各マーク 572、572、…および目印線 574～580 の表示が消える。

【0176】

このようにサブ画面 500 による補正を終えた後、タイトルバー 502 の右端にある閉じるボタン 582 がクリックされると、ディスプレイ 24 の表示は、図 38 に示すようなメイン画面 100 に戻る。

【0177】

即ち、補正後平均値 M_o' および補正後偏差 D_o' が、“画像1”のピクチャボックス116の下方の文字列120および122によって表される。そして、上述した基準平均値 SM_b' および基準偏差 SD_b' が、メイン画面100の右端部分に表示された文字列130および132によって表される。さらに、“チェック”という文字列410の横方に、補正後平均値 M_o' に基づく判定結果が表示される。ここでは、補正後平均値 M_o' ($=83.3351$) が、“要注意”というエディットボックス402に入力された値 ($=70$) よりも大きく、かつ“注意”というエディットボックス404に入力された値以下であるので、当該判定結果として骨減少症の可能性があることを示す“注意”という結果が表示される。なお、補正後平均値 M_o' が、“要注意”というエディットボックス402に入力された値以下である場合には、当該判定結果として骨粗鬆症の可能性があることを示す“要注意”という結果が表示される。また、補正後平均値 M_o' が、“注意”というエディットボックス404に入力された値よりも大きい場合には、当該判定結果として“正常”という結果が表示される。

【0178】

そしてさらに、ヒストグラム表示エリア134に、補正後度数 H_o' [x] に従う曲線412が表示される。この曲線412は、上述した図34における曲線560と相似形のものである。なお、図38からは判らないが、“画像1”のピクチャボックス116には、補正後輝度 Y' [i, j] に基づく（つまり補正後の）レントゲン撮影画像140が表示される。

【0179】

これと同じ要領で、他の“画像A”、つまり“画像2”、“画像3”および“画像4”についてもサブ画像500が表示され、当該サブ画像500上でリファレンスバー領域554と評価対象領域562とが選択されると、当該サブ画像500は図39に示すようになる。なお、図39は、“画像2”についてのサブ画像500である。

【0180】

この“画像1”以外のサブ画面500では、当該“画像1”とは一部異なる方法によって、補正処理が行われる。即ち、リファレンスバー領域554が選択されると、上述した数1、数2および数3に基づいて当該リファレンスバー領域554の補正前の度数 H_b [x]、輝度平均値 M_b および輝度偏差 D_b が求められる。これらの演算結果 H_b [x]、 M_b および D_b は、上述したテーブル600に記録される。そして、これら補正前の度数 H_b [x]、輝度平均値 M_b および輝度偏差 D_b に基づいて、レントゲン撮影画像140（拡大画像509）の輝度 Y [i, j] が補正される。具体的には、上述した数7と同様の次の数16に基づいて、補正後輝度 Y' [i, j] が求められる。

【0181】

【数16】

$$Y'[i, j] = \frac{SD_b}{D_b} \cdot (Y[i, j] - M_b) + SM_b$$

【0182】

つまり、“画像1”以外の“画像A”については、当該“画像1”のリファレンスバー領域554の補正後輝度 Y_b' [i, j] に基づいて輝度補正が行われる。なお、これ以降は、“画像1”の場合と同様の手順により補正処理が行われる。

【0183】

このようにして全ての“画像A”についてサブ画面500による補正処理が行われた後、メイン画面400に戻されると、当該メイン画面400は図40に示すようになる。

【0184】

即ち、各“画像A”の補正後平均値 M_o' および補正後偏差 D_o' が、それぞれに対応するピクチャボックス116の下方の文字列120および122によって表示される。そして、補正後平均値 M_o' に基づく判定結果が、文字列410によって表される。また、ピクチャボックス116内のレントゲン撮影画像140は、補正後輝度 Y' [i, j] に

基づいて表示し直される。さらに、ヒストグラム表示エリア 134 に、各“画像 A”の補正後輝度 $H_o' [x]$ に従う 4 つの曲線 412, 412, ... が互いに異なる色で表示される。

【0185】

このように、第 2 実施形態によれば、基準最高値 Y_{smax} および基準最低値 Y_{smin} という一定の基準に基づいて、“画像 1”の輝度 $Y [i, j]$ が補正される。そして、この一定の基準に基づいて補正された“画像 1”のリファレンスバー領域 554 の補正後輝度 $Yb' [i, j]$ に基づいて、他の“画像 A”、つまり“画像 2”、“画像 3”および“画像 4”の輝度補正が行われる。換言すれば、これらの“画像 2”、“画像 3”および“画像 4”についても、一定の基準に基づいて輝度補正が行われることになる。従って、各“画像 A”の補正後輝度 $Y' [i, j]$ 、厳密には補正後平均値 M_o' から、骨密度の程度を判定することができる。しかも、この判定結果がメイン画面 400 上で（文字列 410 によって）表示されるので、患者側にとっても自身の骨密度を把握し易くなる。勿論、この判定結果は、印刷したり、記録媒体に記録したりすることもできる。

【図面の簡単な説明】

【0186】

【図 1】この発明の第 1 実施形態を示す骨密度評価システムの全体構成図である。

【図 2】同第 1 実施形態における撮影後のレントゲンフィルムの一態様を示す図解図である。

【図 3】同第 1 実施形態におけるアルミニウム製ブロックの概観斜視図である。

【図 4】同第 1 実施形態における撮影前のレントゲンフィルムの一態様を示す図解図である。

【図 5】同第 1 実施形態においてレントゲン撮影時の状態を示す図解図である。

【図 6】同第 1 実施形態において PC のディスプレイに表示されるメイン画面の一態様を示す図解図である。

【図 7】図 6 とは異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

【図 8】図 7 とはさらに異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

【図 9】同第 1 実施形態において PC のディスプレイに表示されるサブ画面の一態様を示す図解図である。

【図 10】同第 1 実施形態におけるサブ画面の一部分を拡大して示す図解図である。

【図 11】図 9 とは異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 12】同第 1 実施形態におけるテーブルの態様を概念的に示す図解図である。

【図 13】図 10 とは異なる態様を示す拡大部分の図解図である。

【図 14】図 11 とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 15】図 8 とはさらに異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

【図 16】図 14 とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 17】図 15 とはさらに異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

【図 18】同第 1 実施形態における PC の動作を示すフローチャートである。

【図 19】図 18 における領域選択処理の詳細を示すフローチャートである。

【図 20】図 19 に続くフローチャートである。

【図 21】図 19 に続く図 20 とは別のフローチャートである。

【図 22】同第 1 実施形態によって得られた補正後輝度と実際の BMD 値およびその T 値との比較を示す一覧表である。

【図 23】図 22 における T 値の所定区分と当該区分毎の補正後輝度の平均値との比較を示す表である。

【図 24】図 23 の関係を表すグラフである。

【図 25】この発明の第 2 実施形態において PC のディスプレイに表示されるメイン画面の一態様を示す図解図である。

【図 26】図 25 とは異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

【図 27】同第 2 実施形態において PC のディスプレイに表示されるサブ画面の一態

様を示す図解図である。

【図 28】 図 27とは異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 29】 同第 2 実施形態におけるテーブルの態様を概念的に示す図解図である。

【図 30】 図 28とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 31】 図 30とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 32】 図 31とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 33】 同第 2 実施形態において P C のディスプレイに表示されるメッセージボックスの一態様を示す図解図である。

【図 34】 図 32とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 35】 図 34とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 36】 図 35とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 37】 図 36とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 38】 図 26とはさらに異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

【図 39】 図 37とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

【図 40】 図 38とはさらに異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

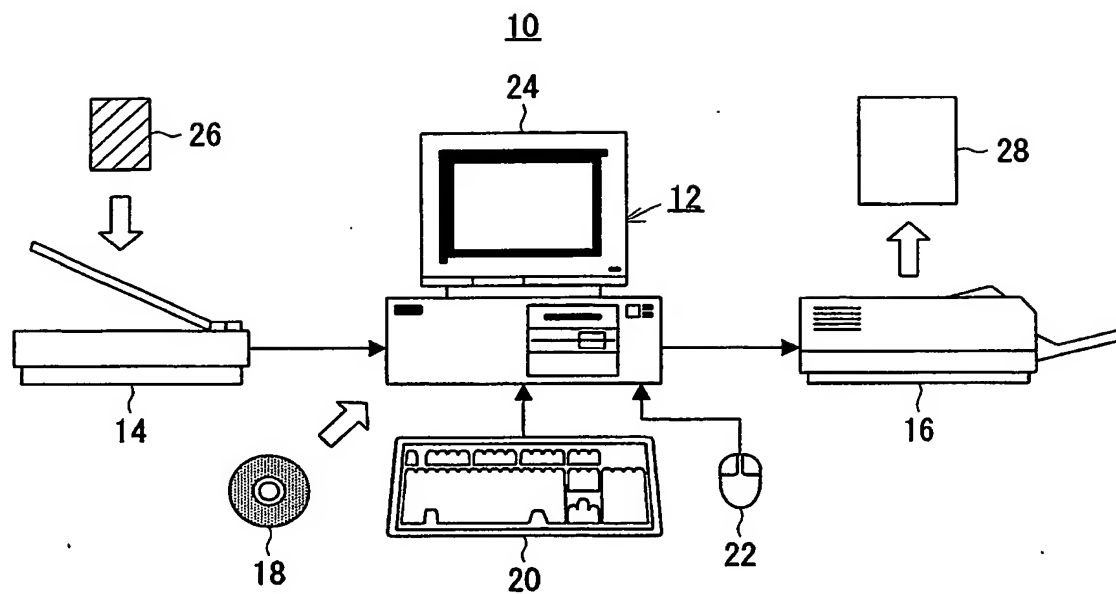
【符号の説明】

【0187】

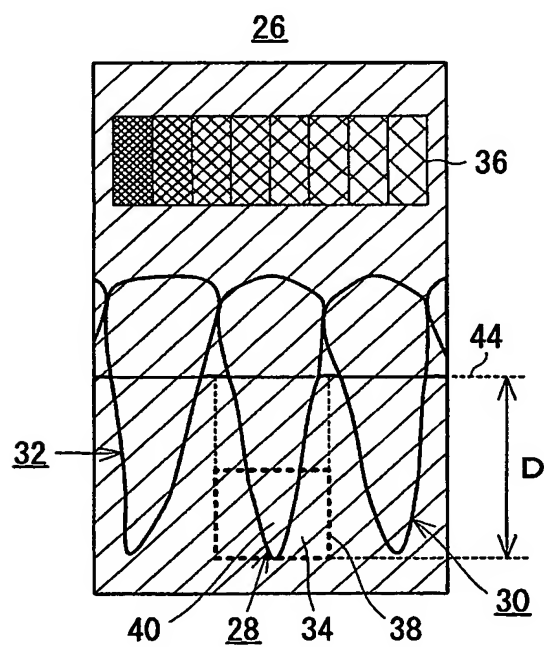
- 10 骨密度評価システム
- 12 P C
- 14 フィルムスキャナ
- 16 レーザプリンタ
- 100 メイン画面
- 200 サブ画面
- 214 レントゲン撮影画像
- 242 ヒストグラム表示エリア
- 248 リファレンスバー領域
- 250 リファレンスバー
- 254 評価対象領域

【書類名】 図面

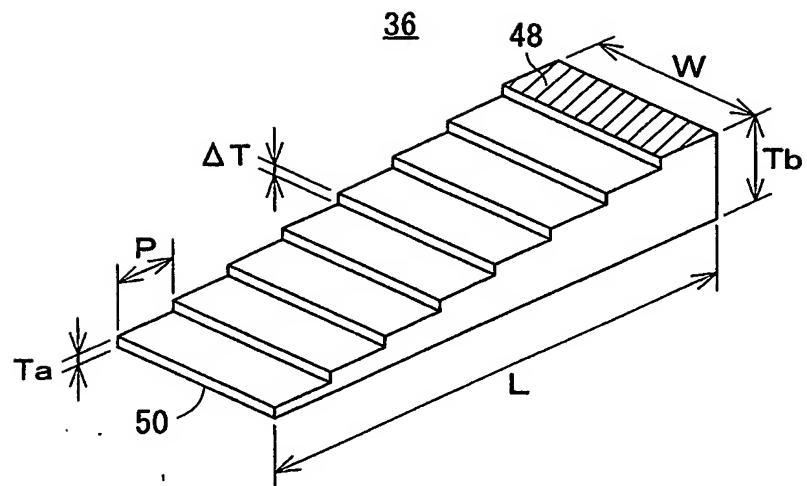
【図 1】



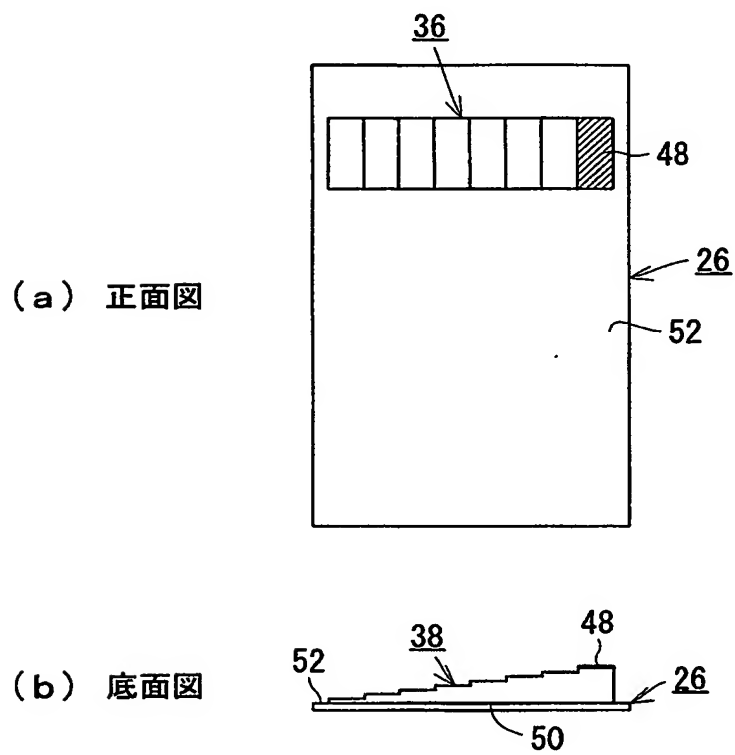
【図 2】



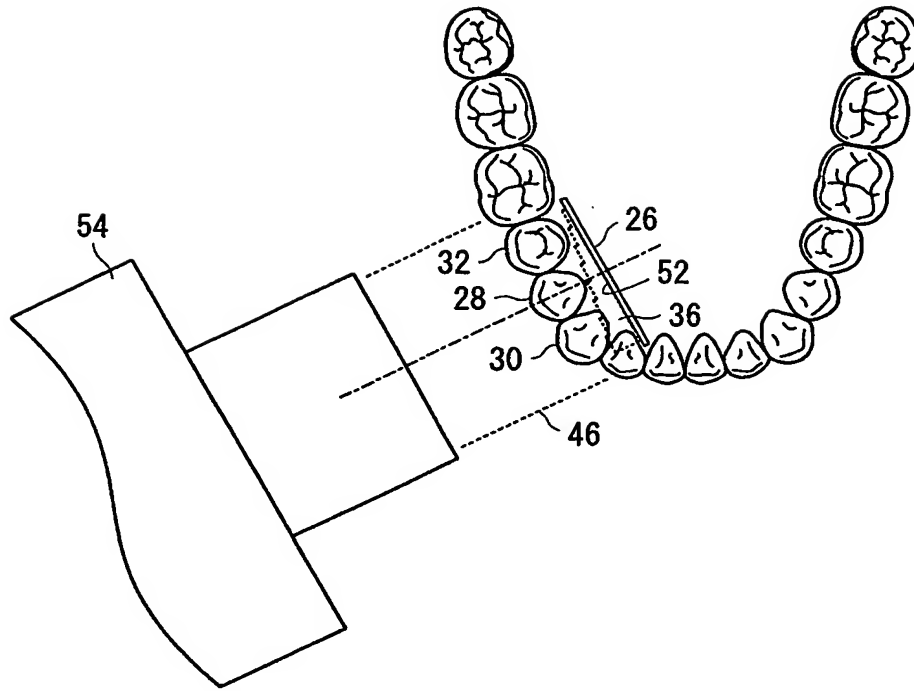
【図 3】



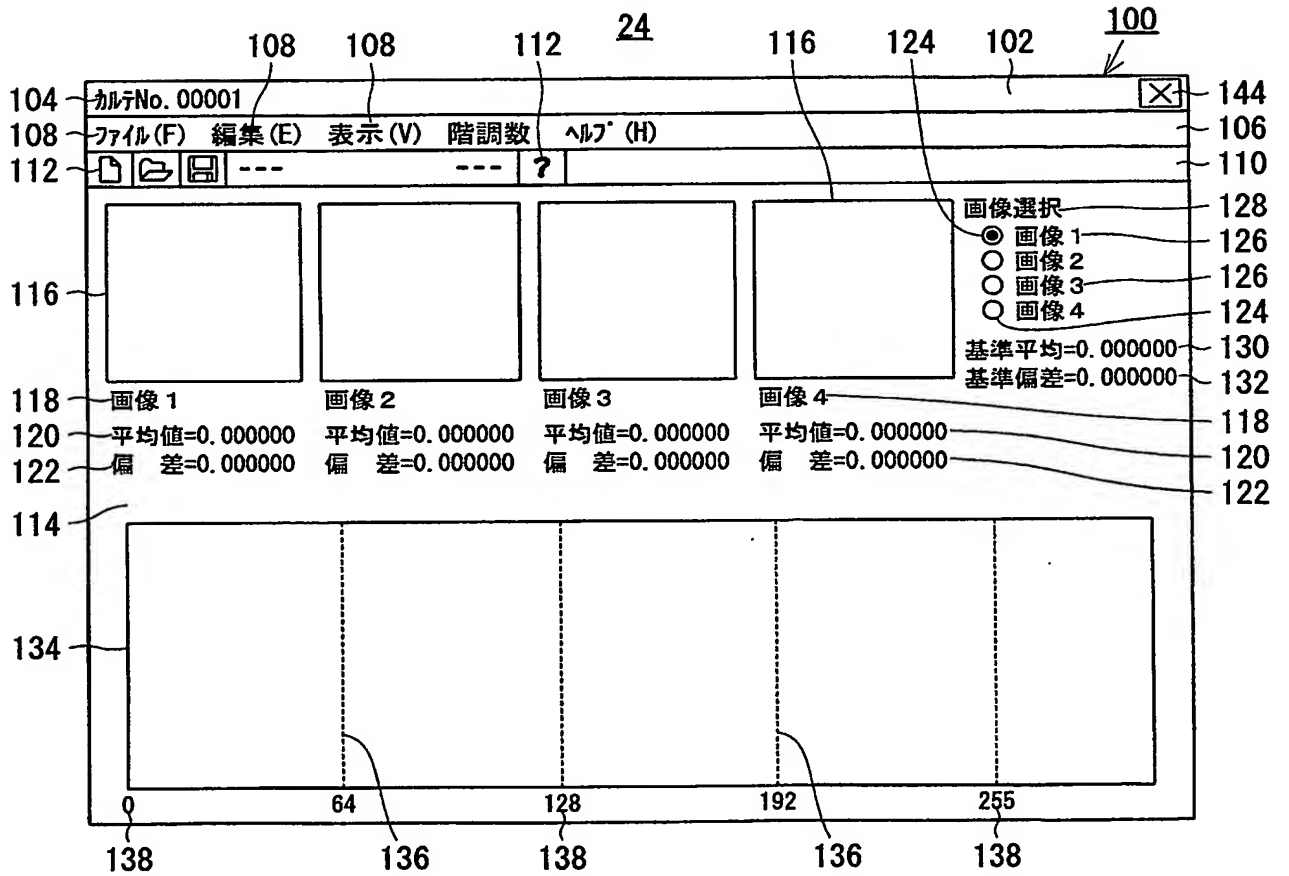
【図 4】



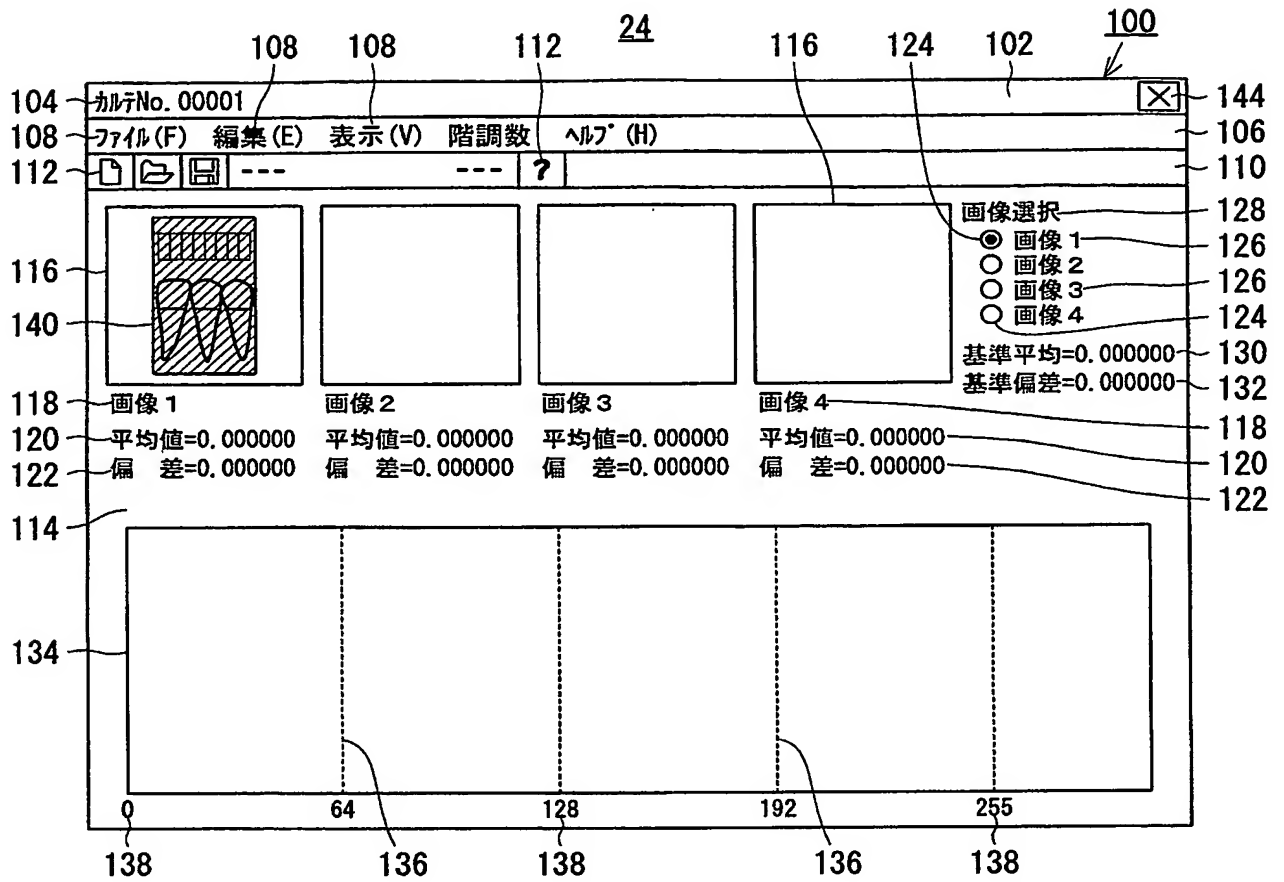
【図 5】



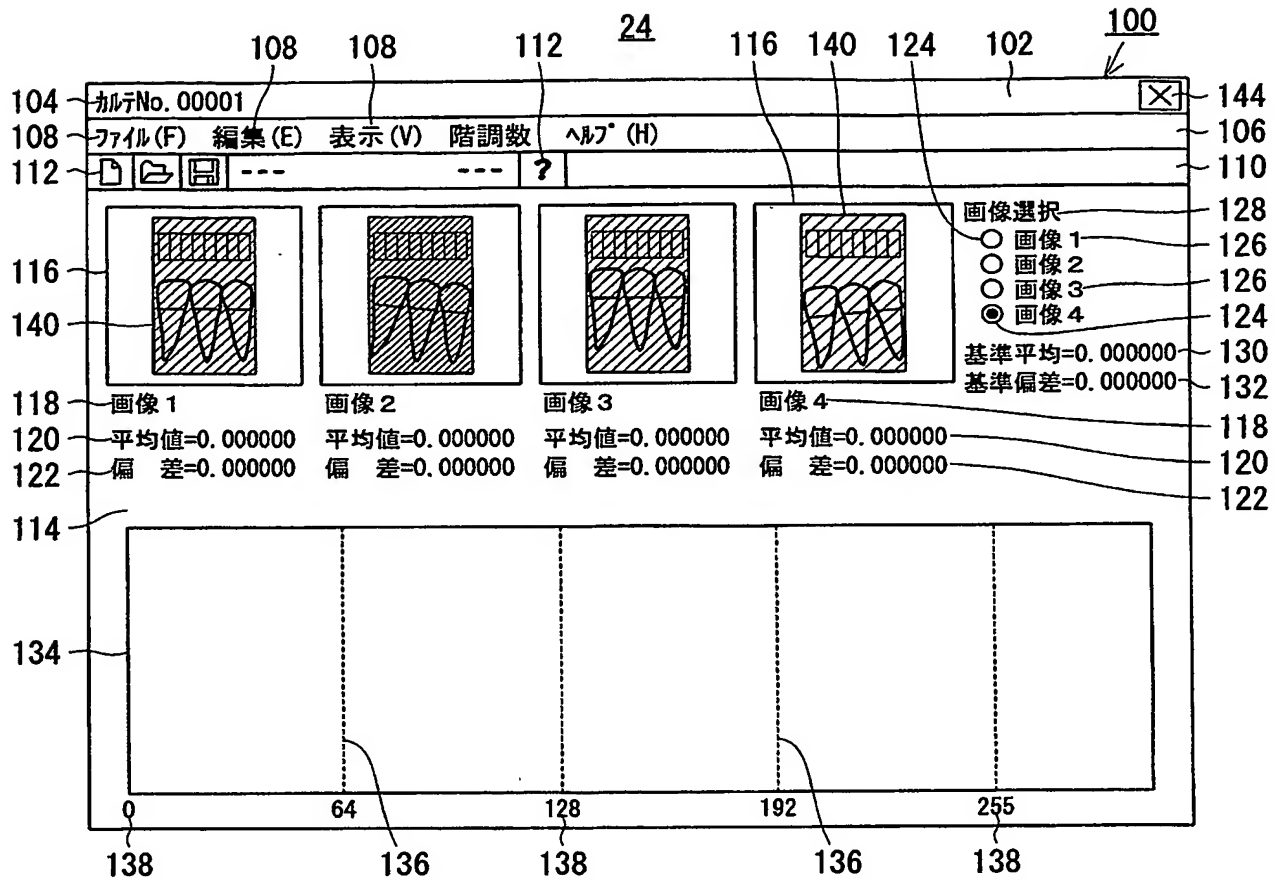
【図 6】



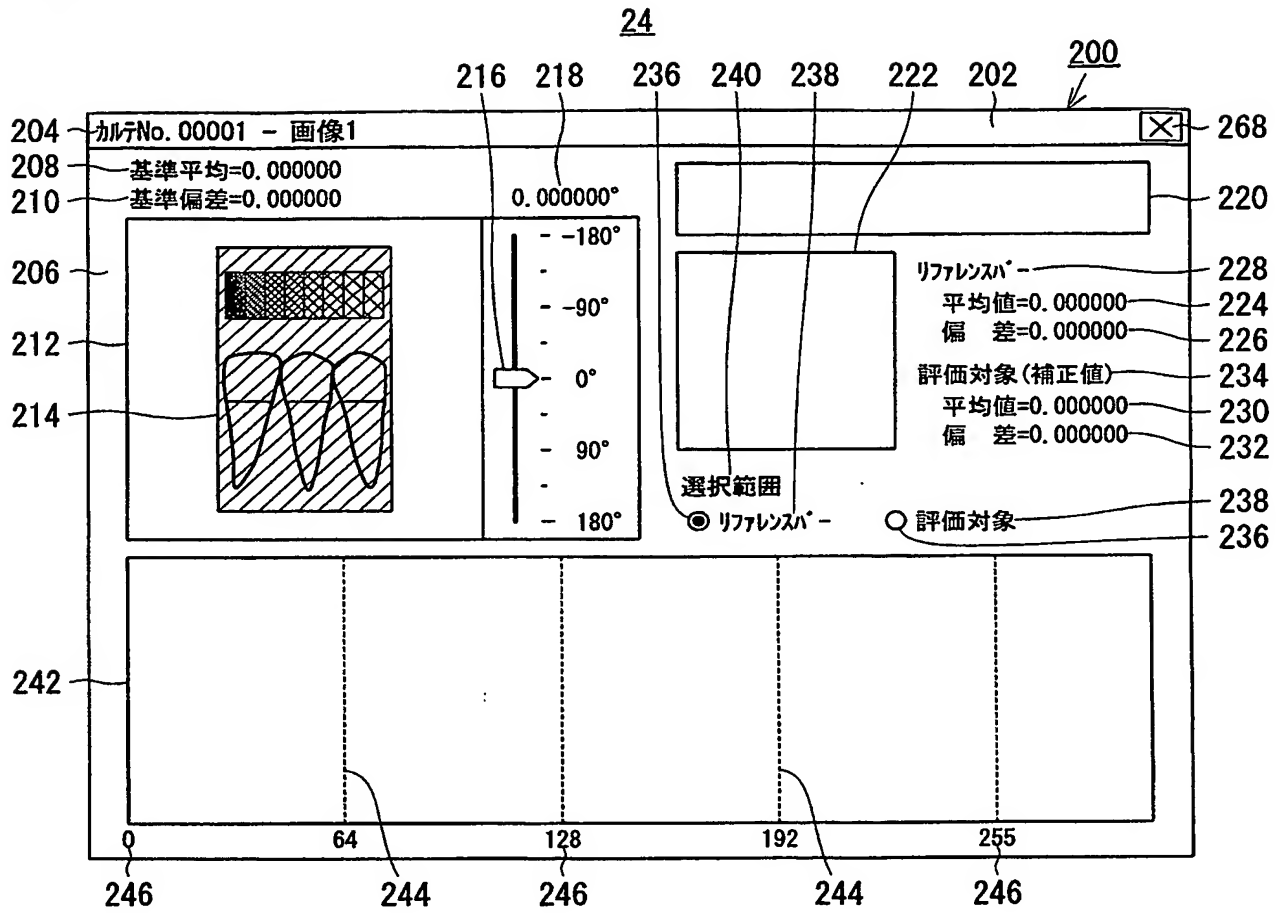
【図 7】



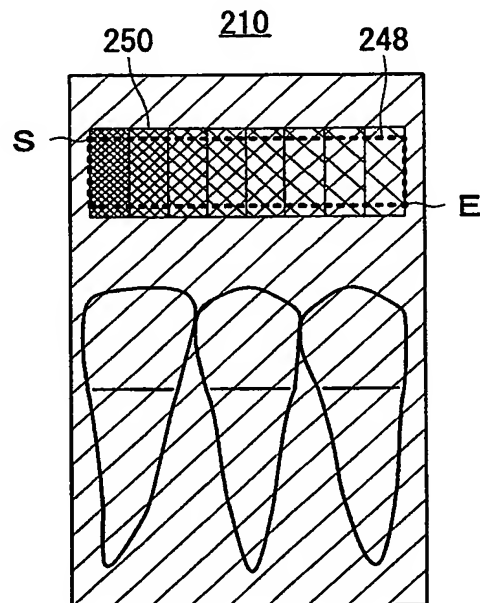
【図 8】



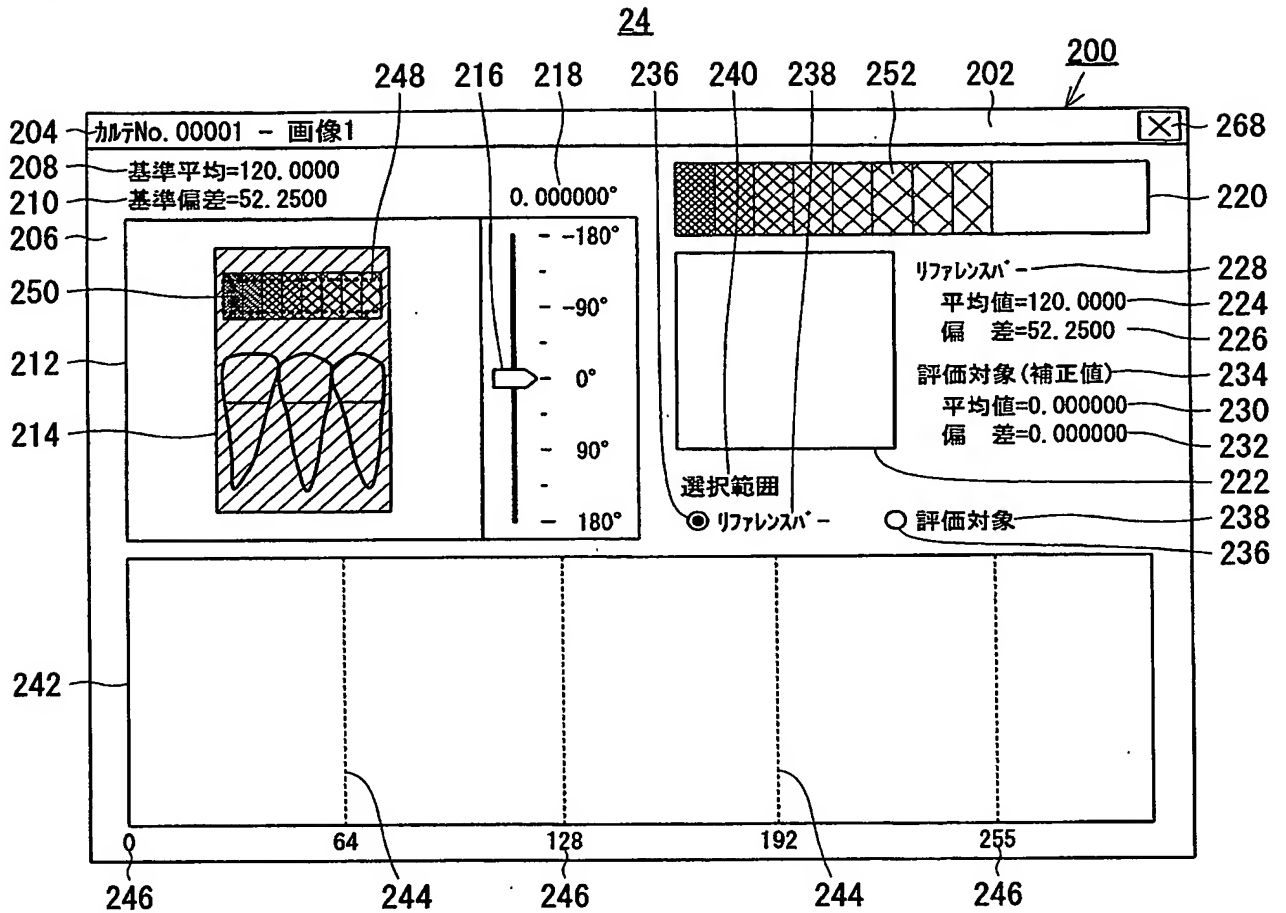
【図 9】



【図 10】



【図 1 1】

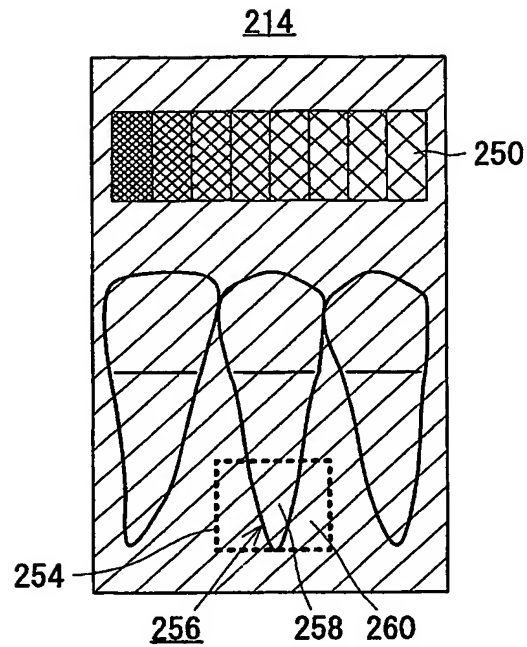


【図 1 2】

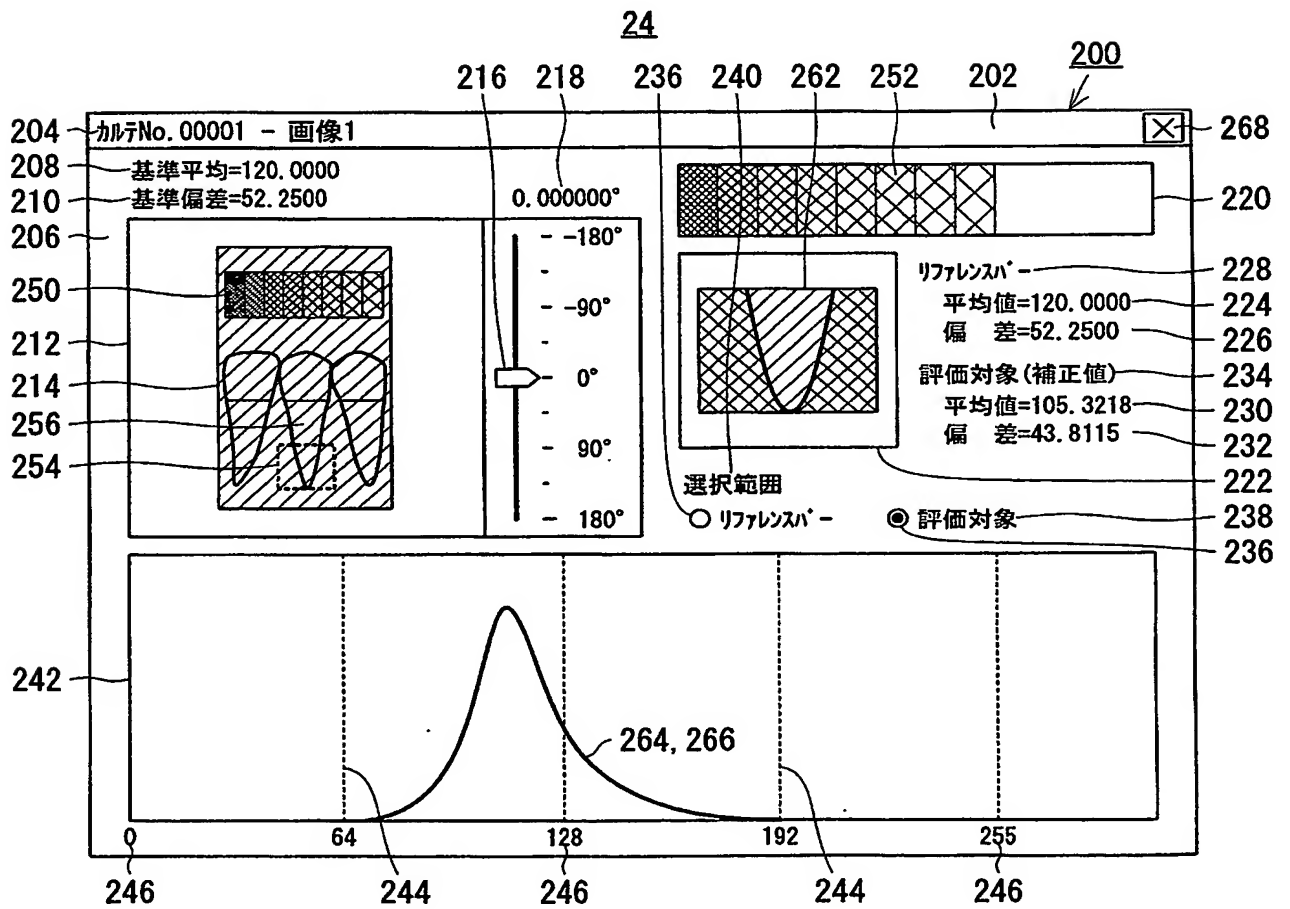
300

ITEM	画像1	画像2	画像3	画像4
Hb[x]				
Mb	(SMb)			
Db	(SDB)			
Ho[x]				
Mo				
Do				
Ho' [x]				
Mo'				
Do'				

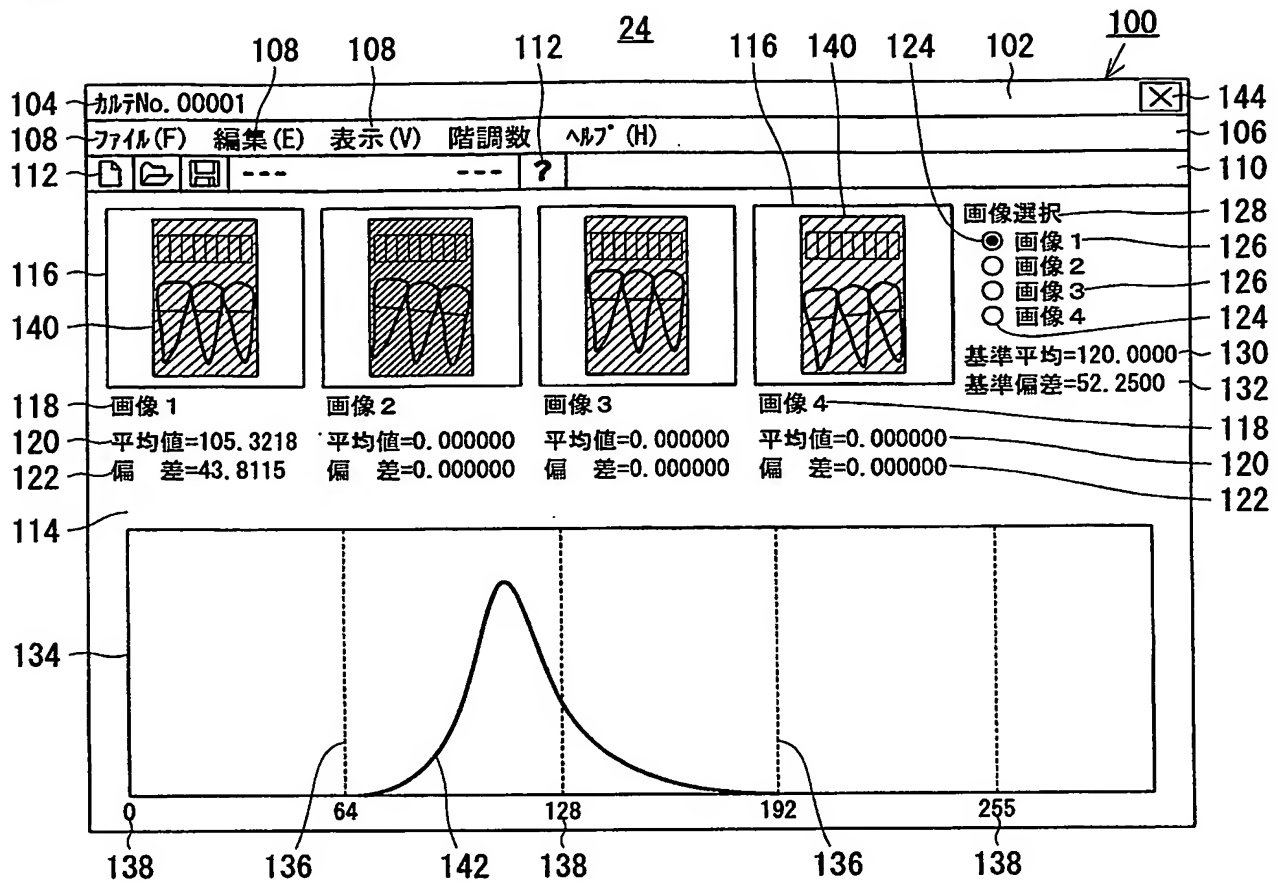
【図 1 3】



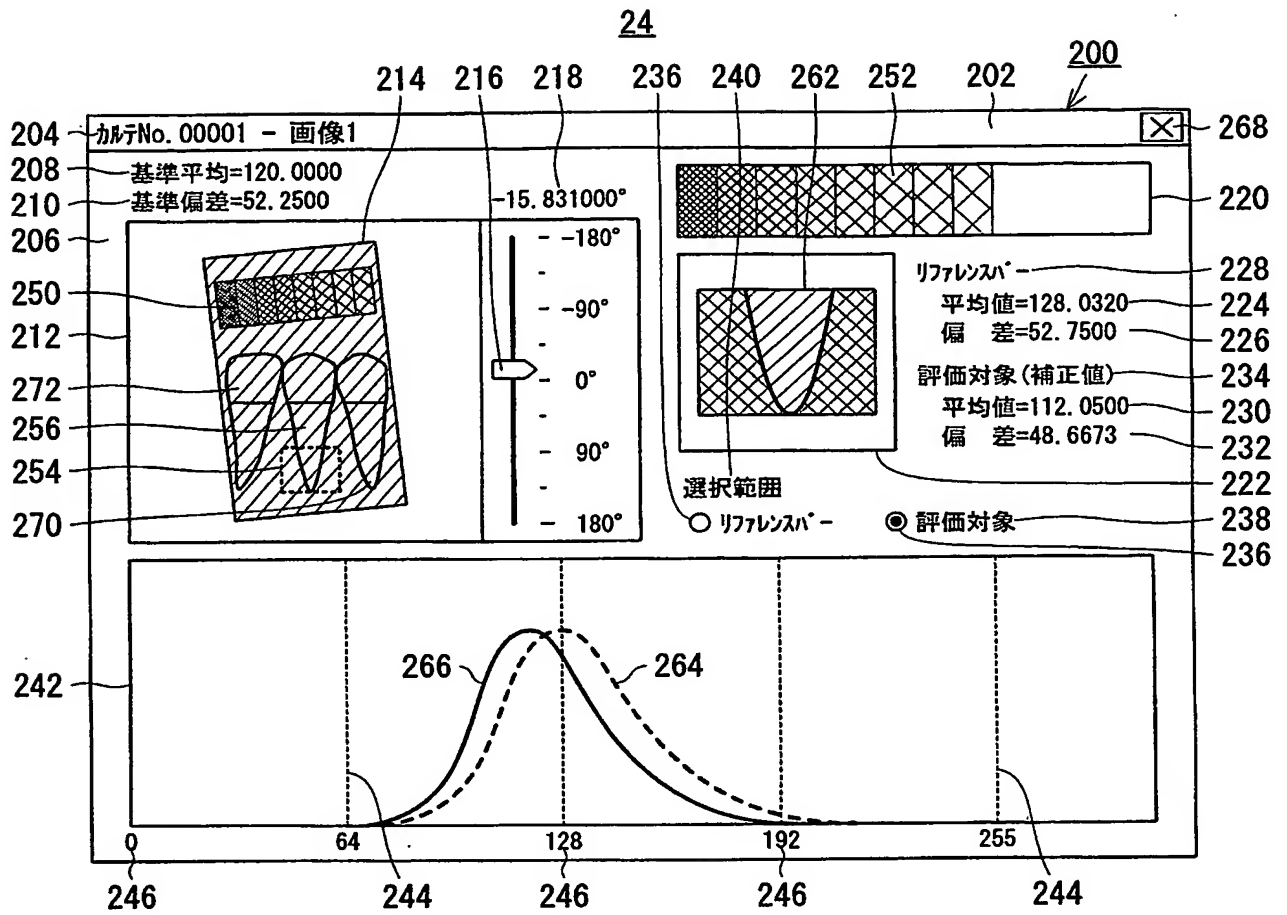
【図 1 4】



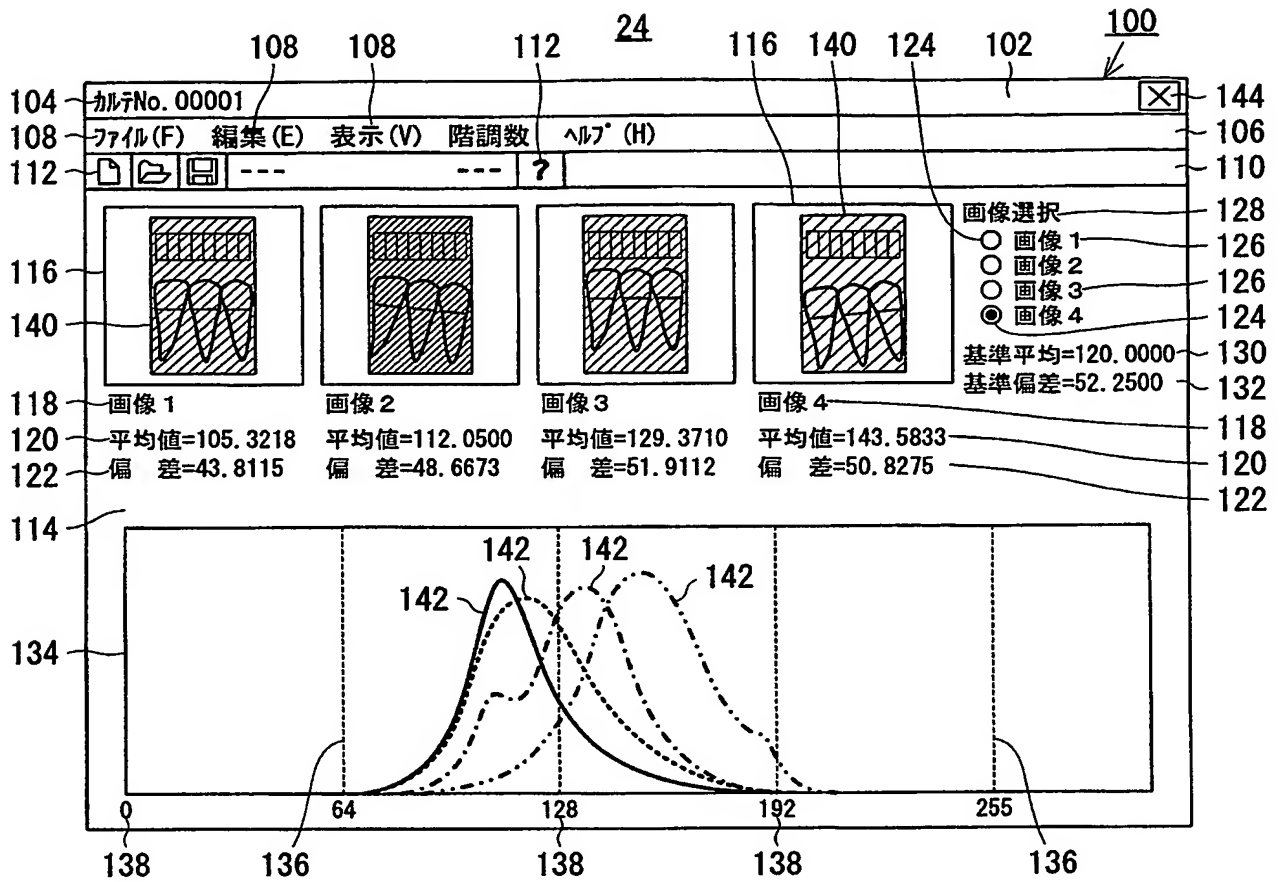
【図 15】



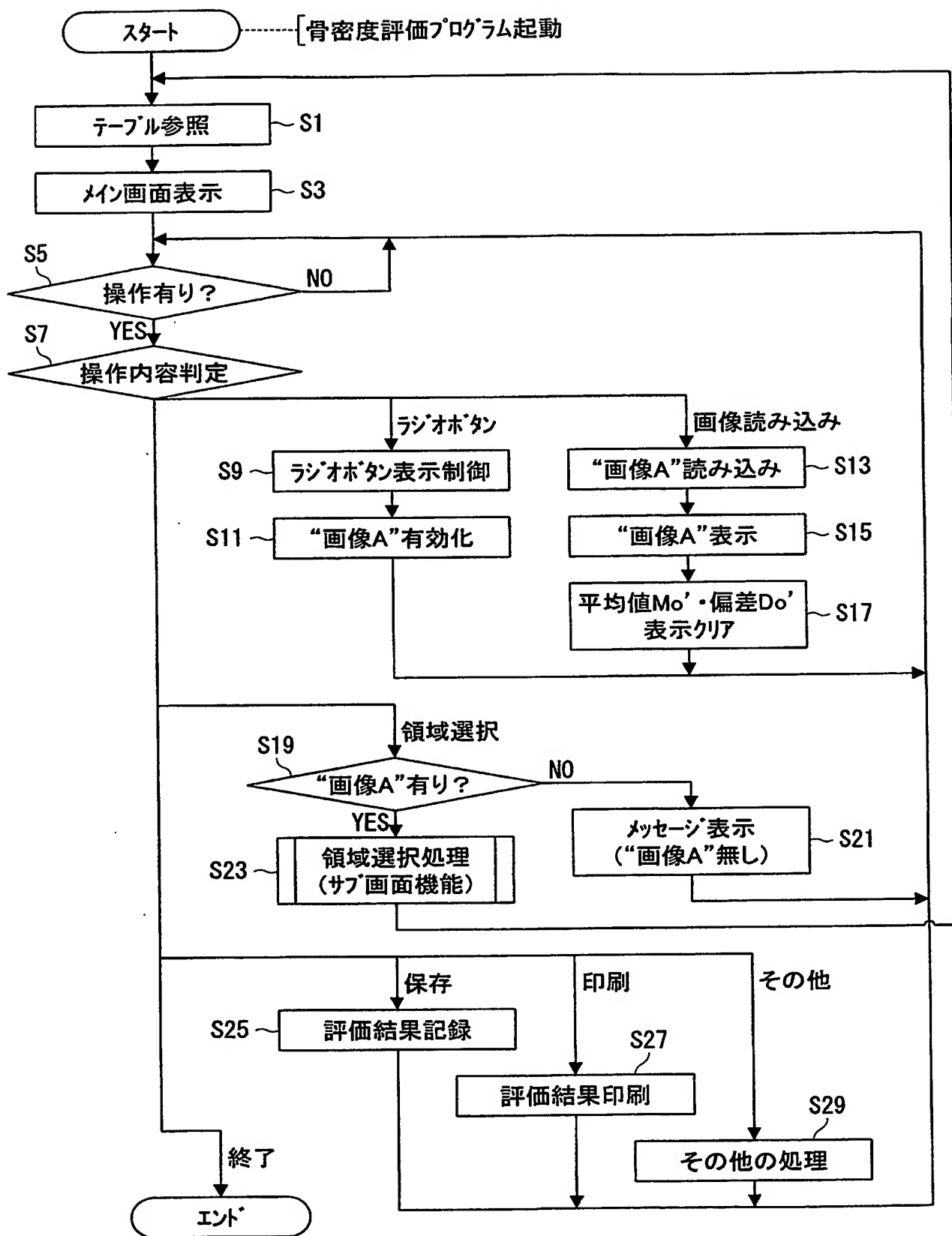
【図 16】



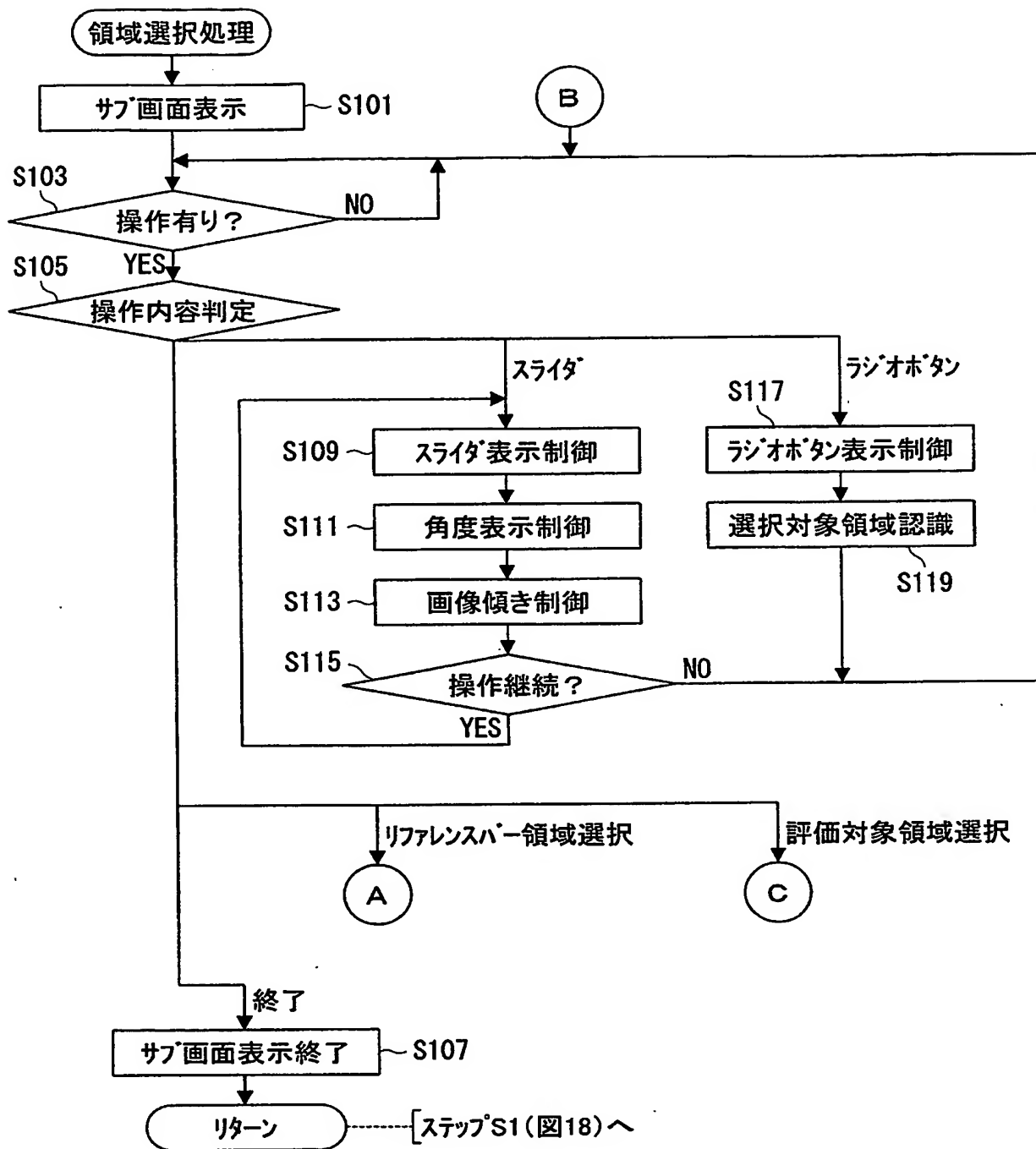
【図 17】



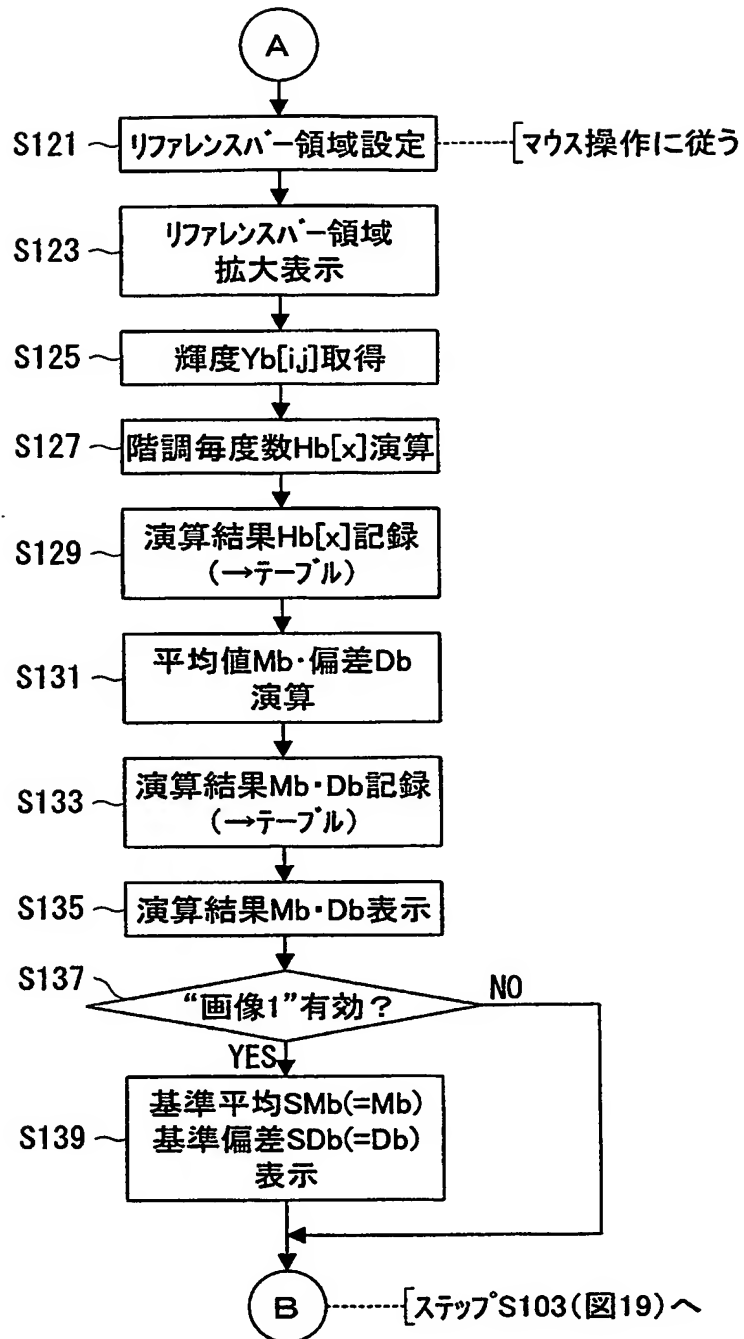
【図 18】



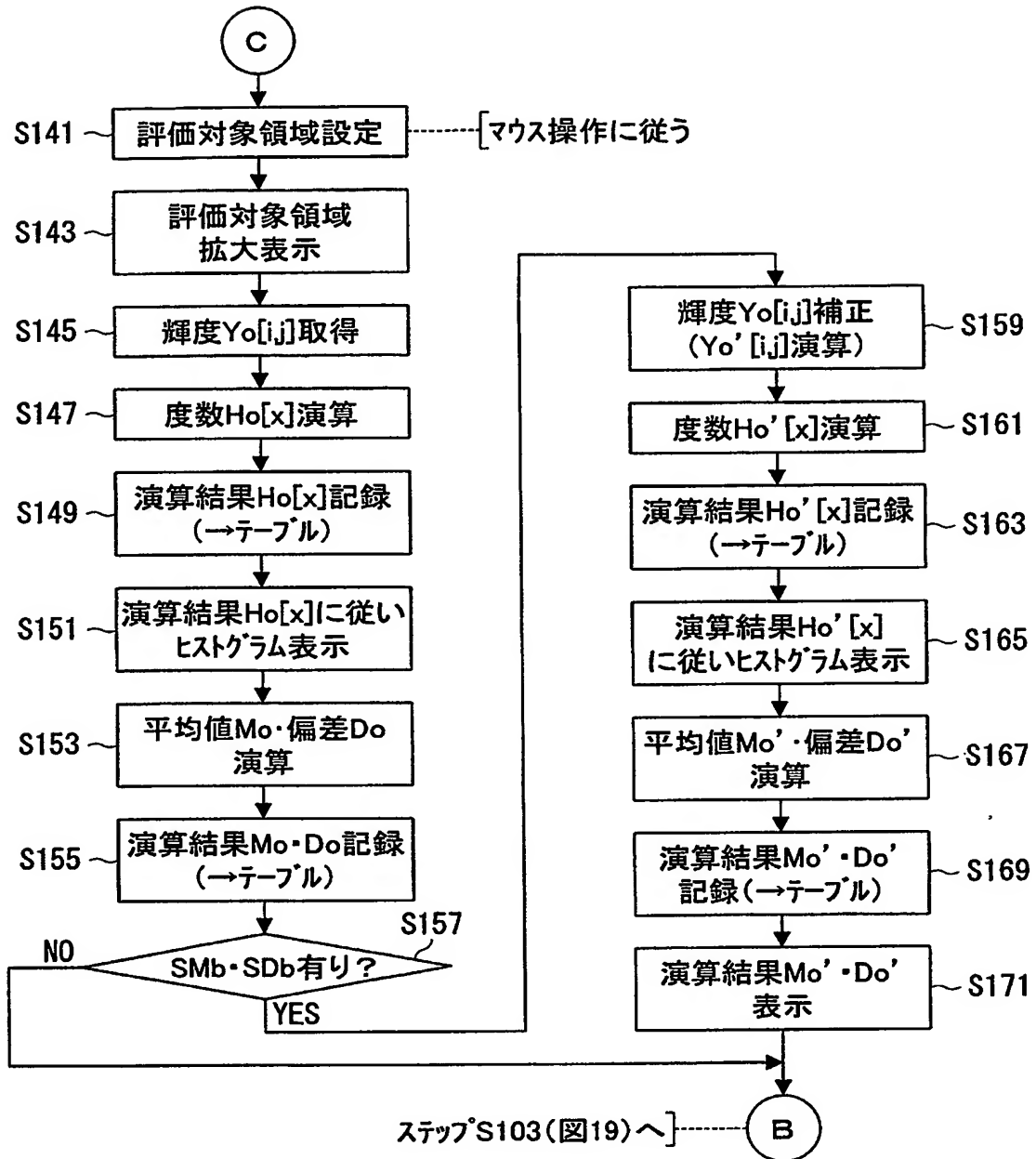
【図19】



【図 20】



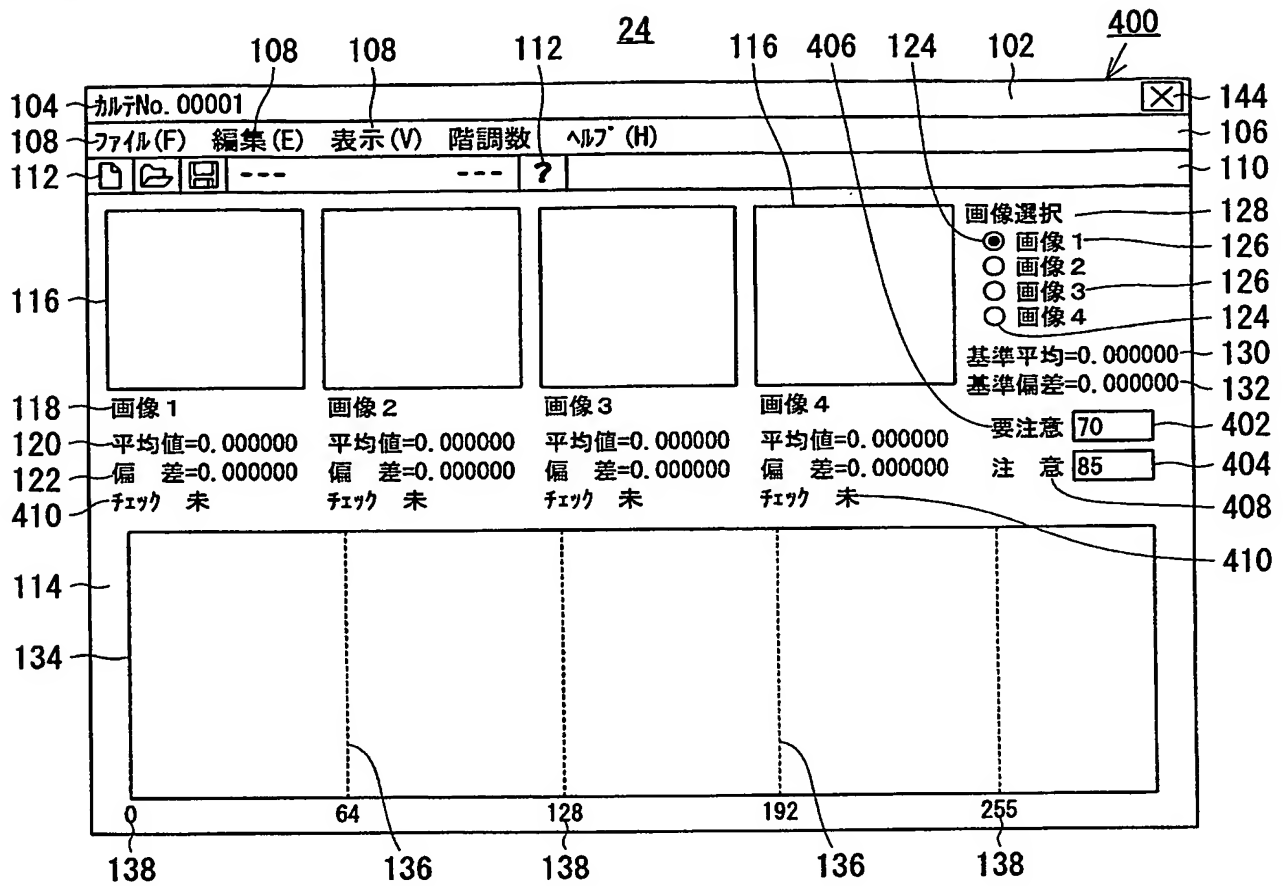
【図 21】



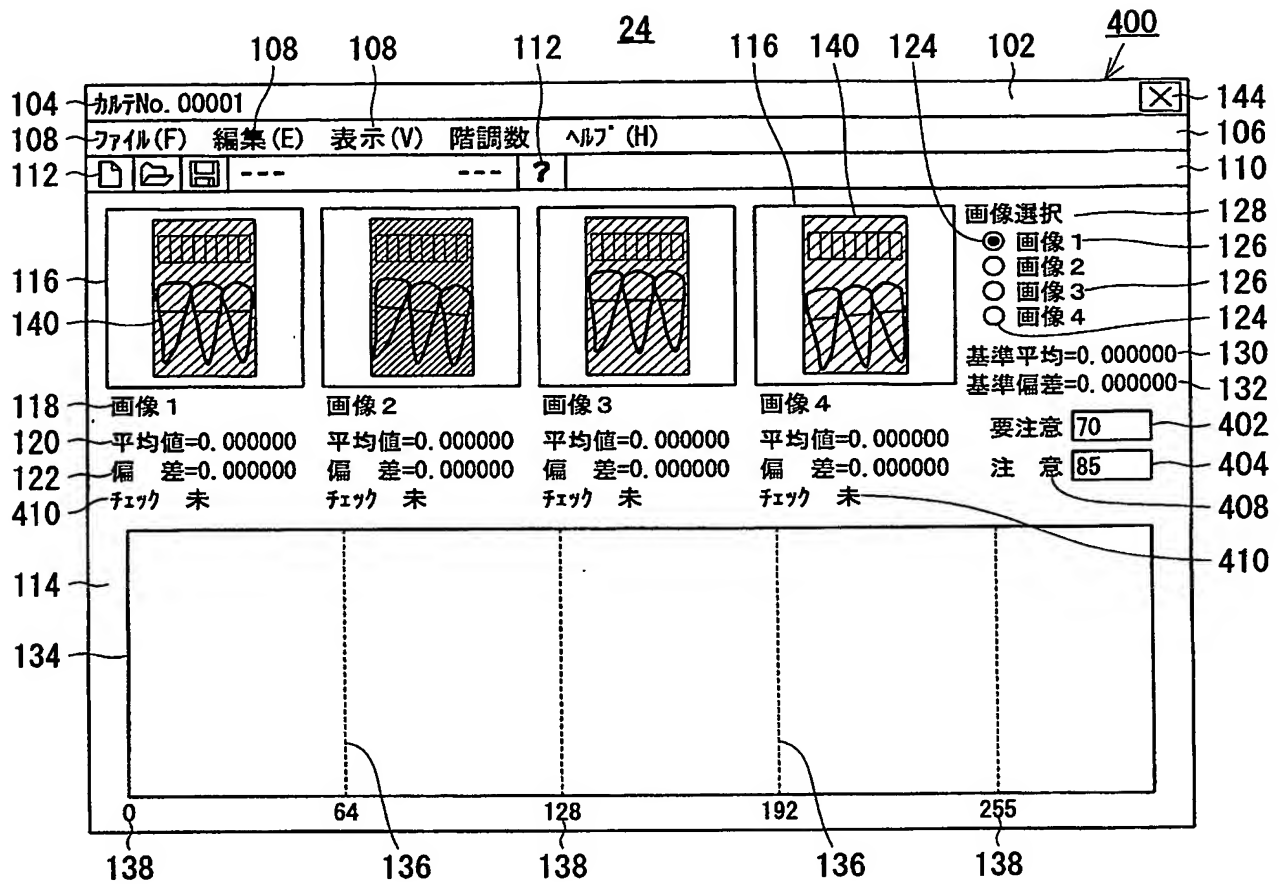
【図 22】

No.	年齢 [歳]	BMD値 [gms/cm ²]	T値 [%]	輝度平均値 Mo'
1	50	1.071	106	99.99
2	51	0.702	69	63.03
3	51	0.923	91	96.14
4	52	1.323	131	119.02
5	54	0.924	91	83.54
6	54	0.948	94	104.05
7	55	0.747	74	95.53
8	55	0.929	92	98.68
9	56	1.021	101	113.93
10	56	0.887	88	88.92
11	56	1.049	104	146.36
12	56	1.076	106	99.73
13	58	0.927	92	92.51
14	58	0.711	70	80.53
15	59	0.812	80	73.81
16	59	0.995	98	76.42
17	59	0.814	81	70.16
18	60	0.910	90	83.55
19	60	0.789	79	81.66
20	60	0.826	82	95.09
21	60	0.980	97	95.37
22	61	0.692	68	80.20
23	62	0.729	72	78.35
24	62	0.993	98	64.88
25	62	1.006	99	82.10
26	63	0.813	80	94.69
27	64	0.707	70	72.73
28	65	0.675	67	58.85
29	65	0.592	59	88.14
30	66	0.842	83	96.11
31	66	0.683	68	75.54
32	67	0.527	52	52.28
33	68	0.792	78	80.07
34	69	0.715	71	77.68
35	69	0.780	77	97.32
平均	59.66	0.855	84.51	87.34
対Mo' 相関係数		0.6439	0.6481	—

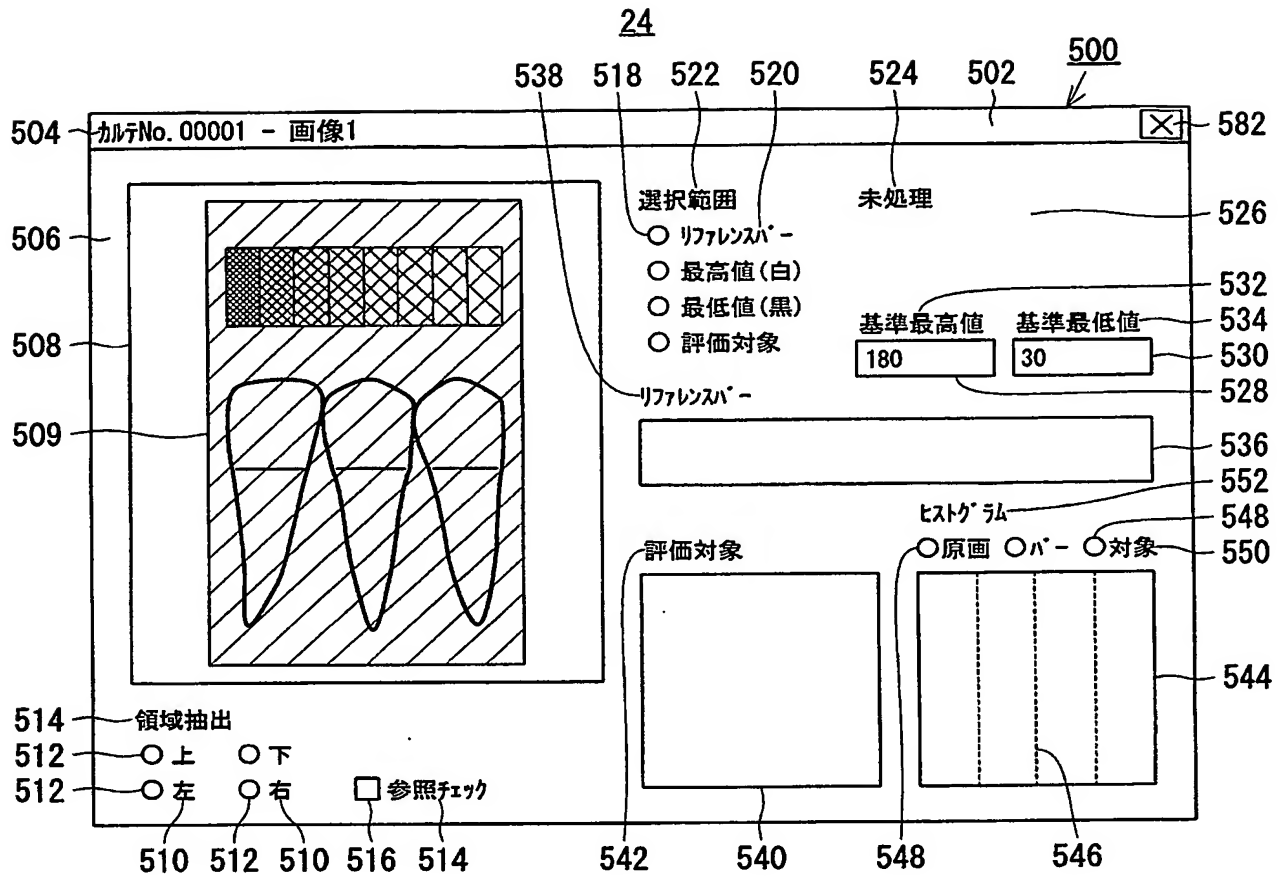
【図 25】



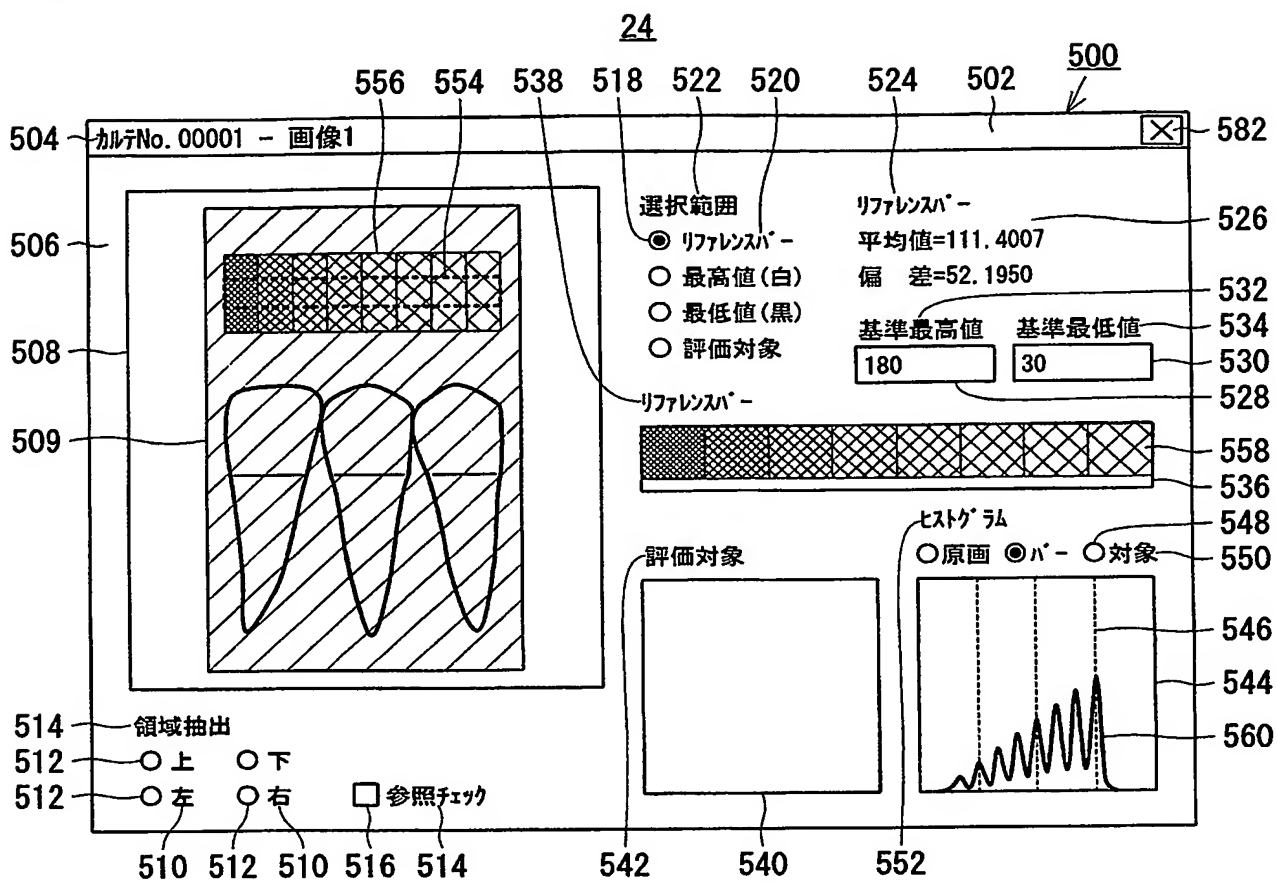
【図 26】



【図 27】





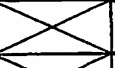





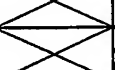


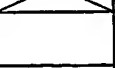



【図 28】

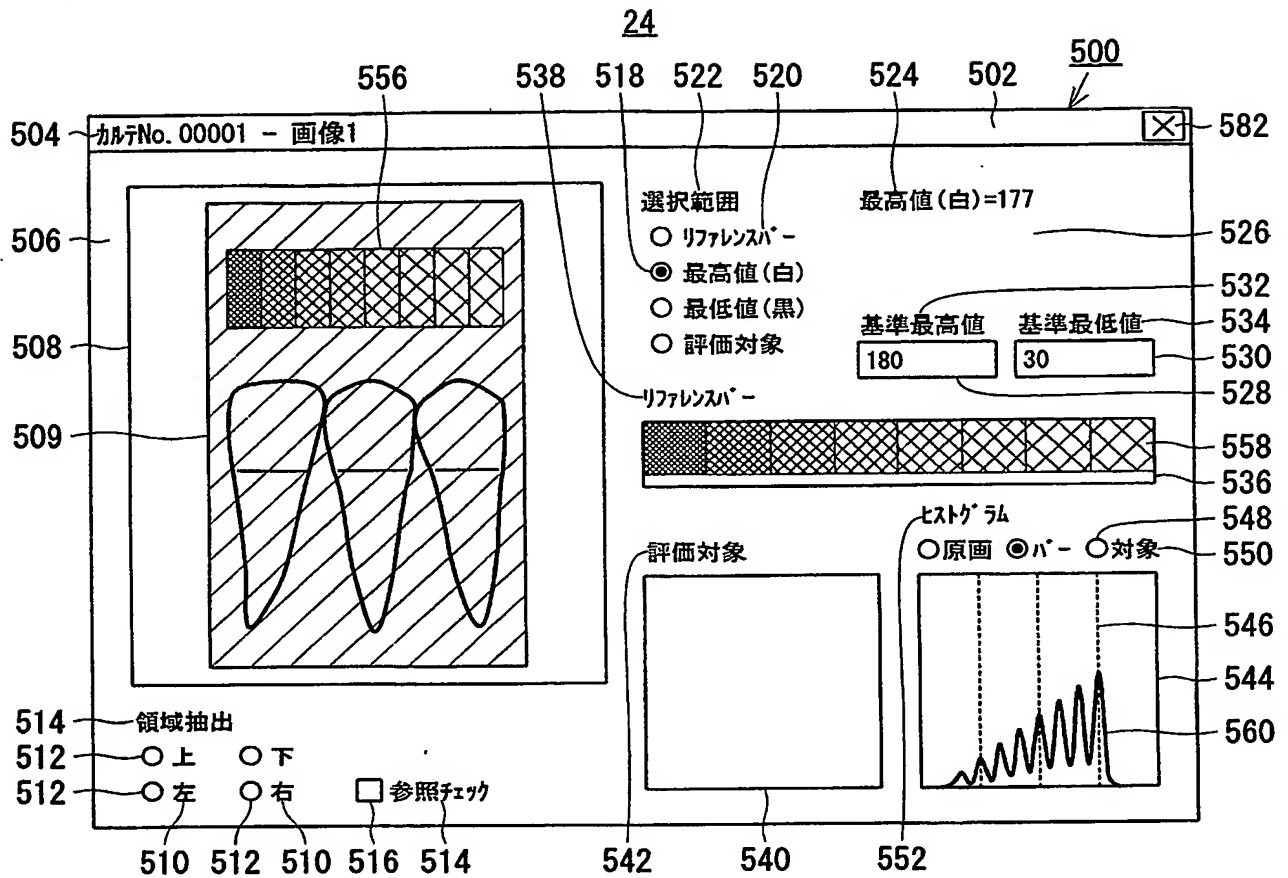


【図 29】

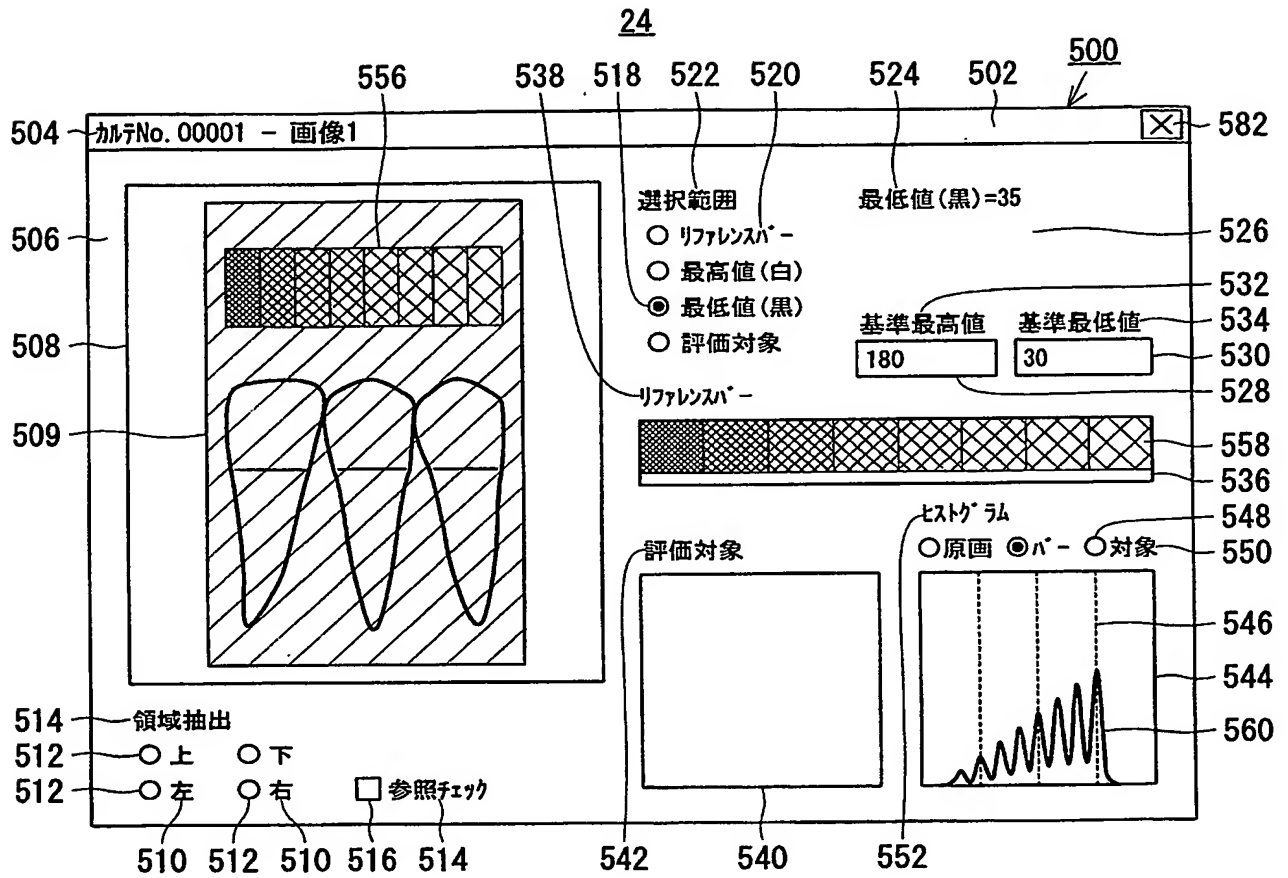
600

ITEM	画像1	画像2	画像3	画像4
Hb[x]				
Mb				
Db				
Ybmax				
Ybmin				
Ysmax				
Ysmin				
Ha' [x]				
Hb' [x]				
Mb'	(SMb)			
Db'	(SDb)			
Ho' [x]				
Mo'				
Do'				

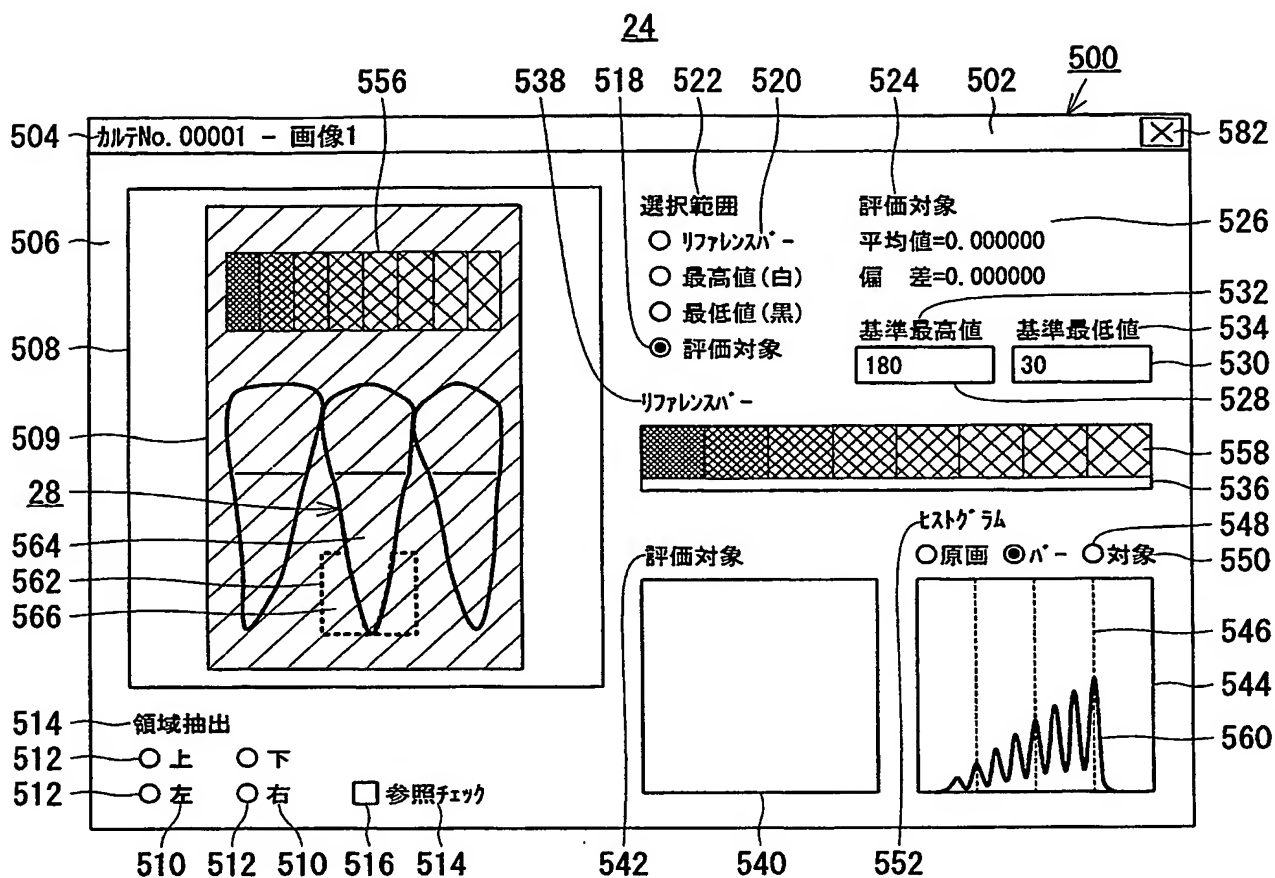
【図 30】



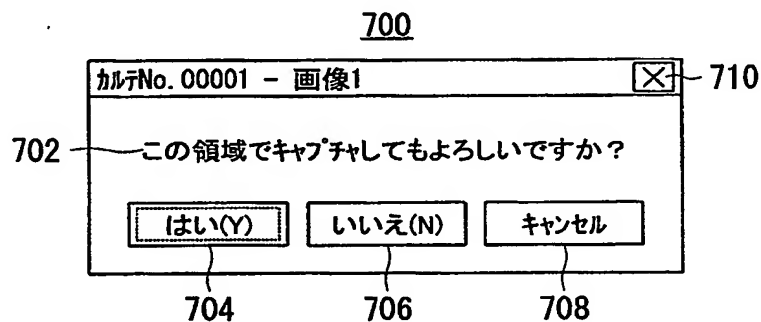
【図 31】



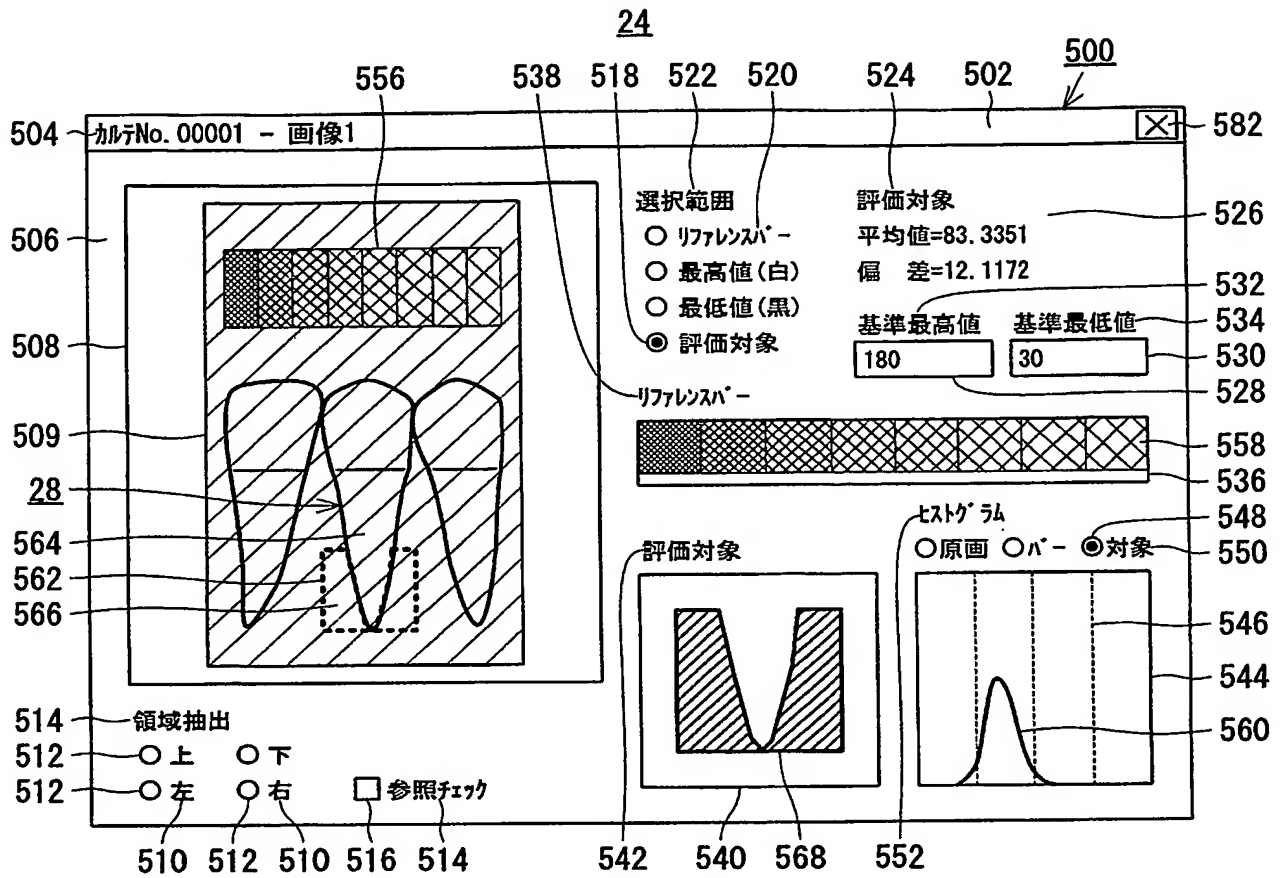
【図 3 2】



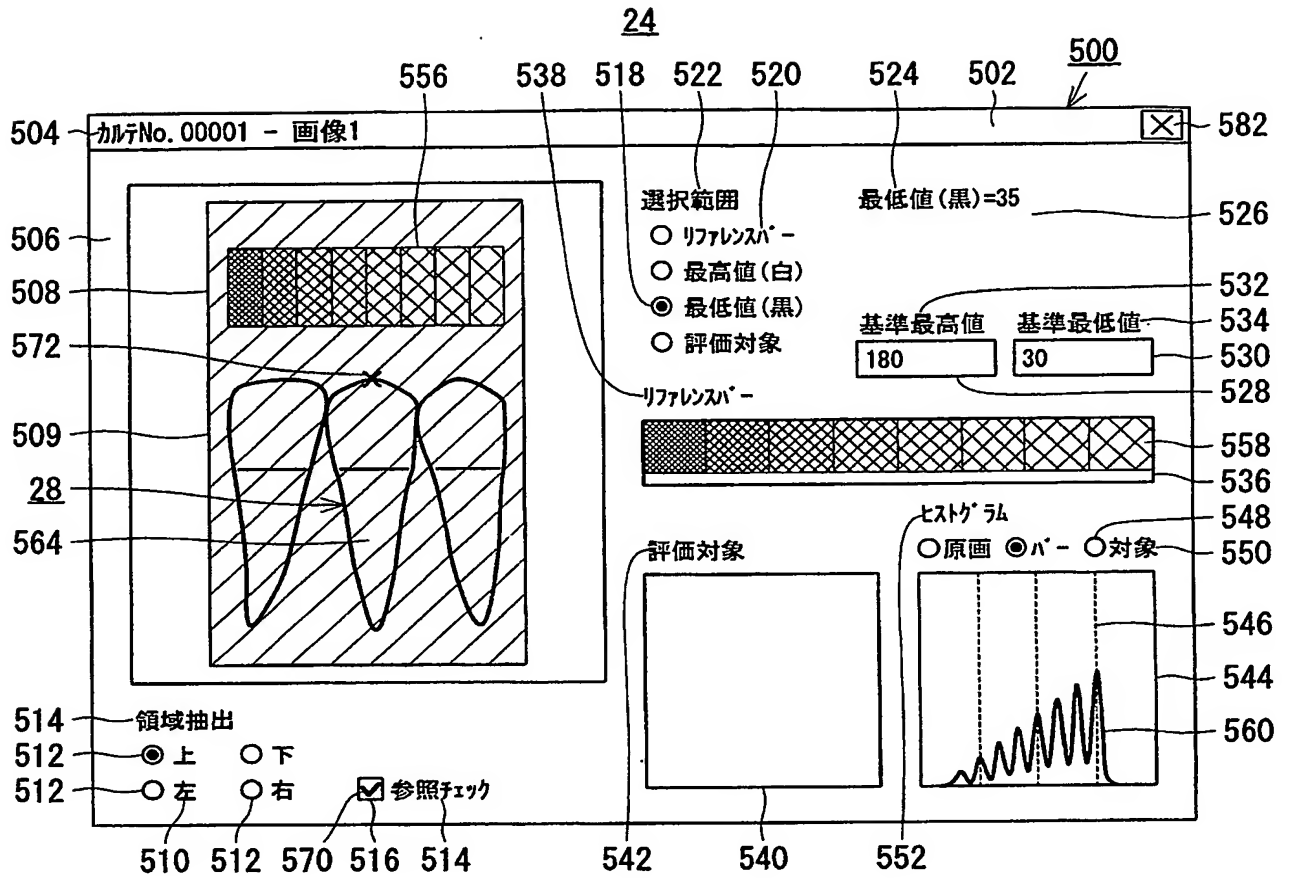
【図 3 3】



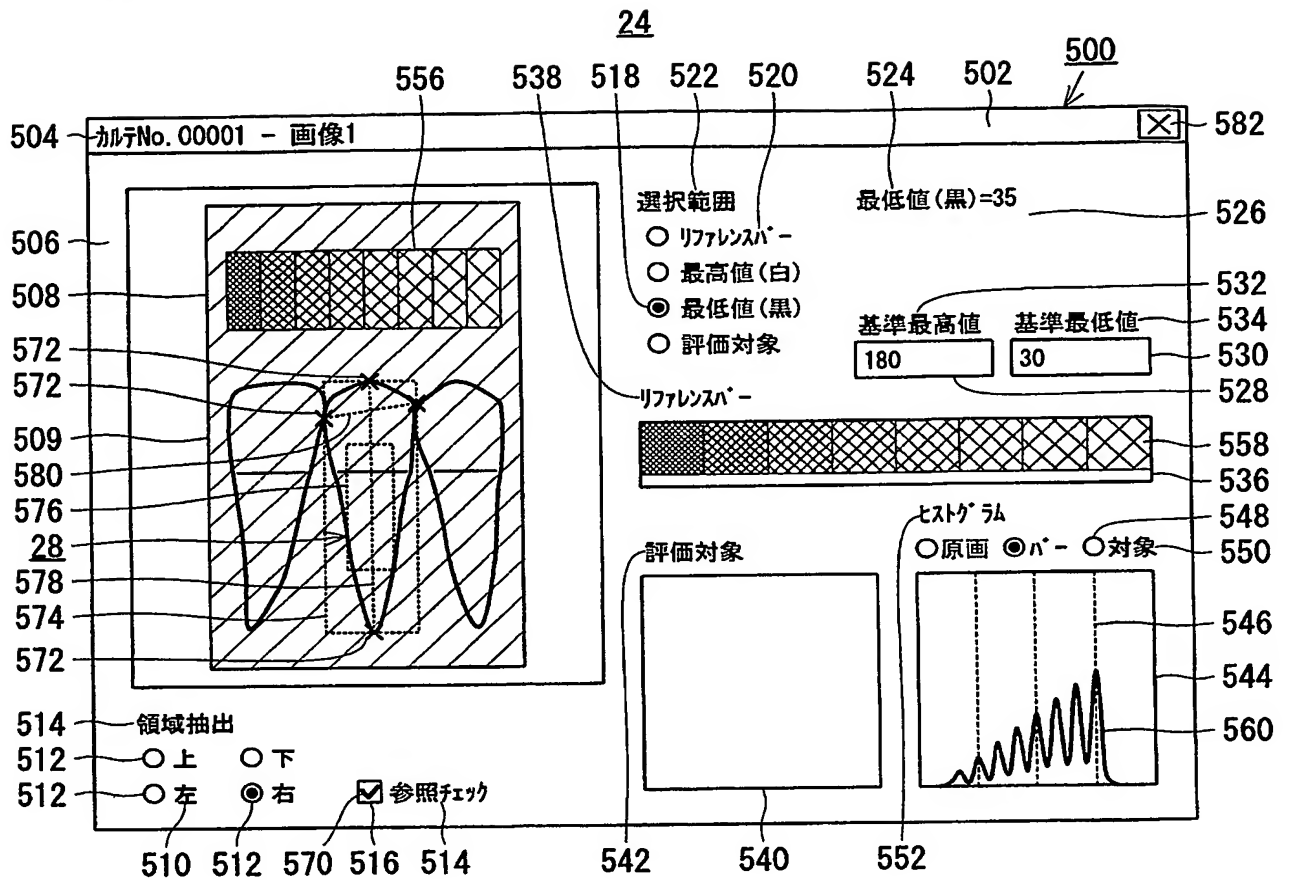
【図 3 4】



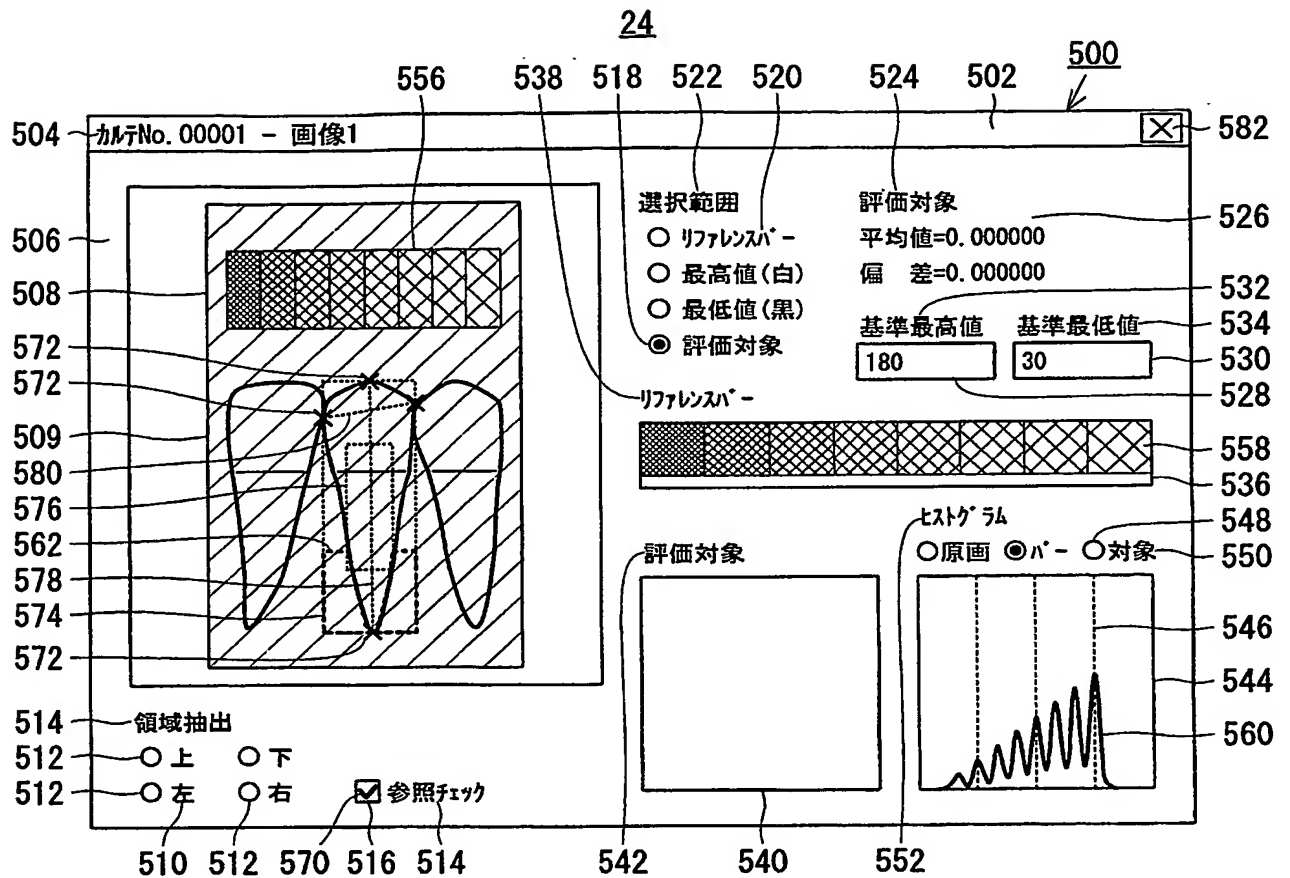
【図 35】



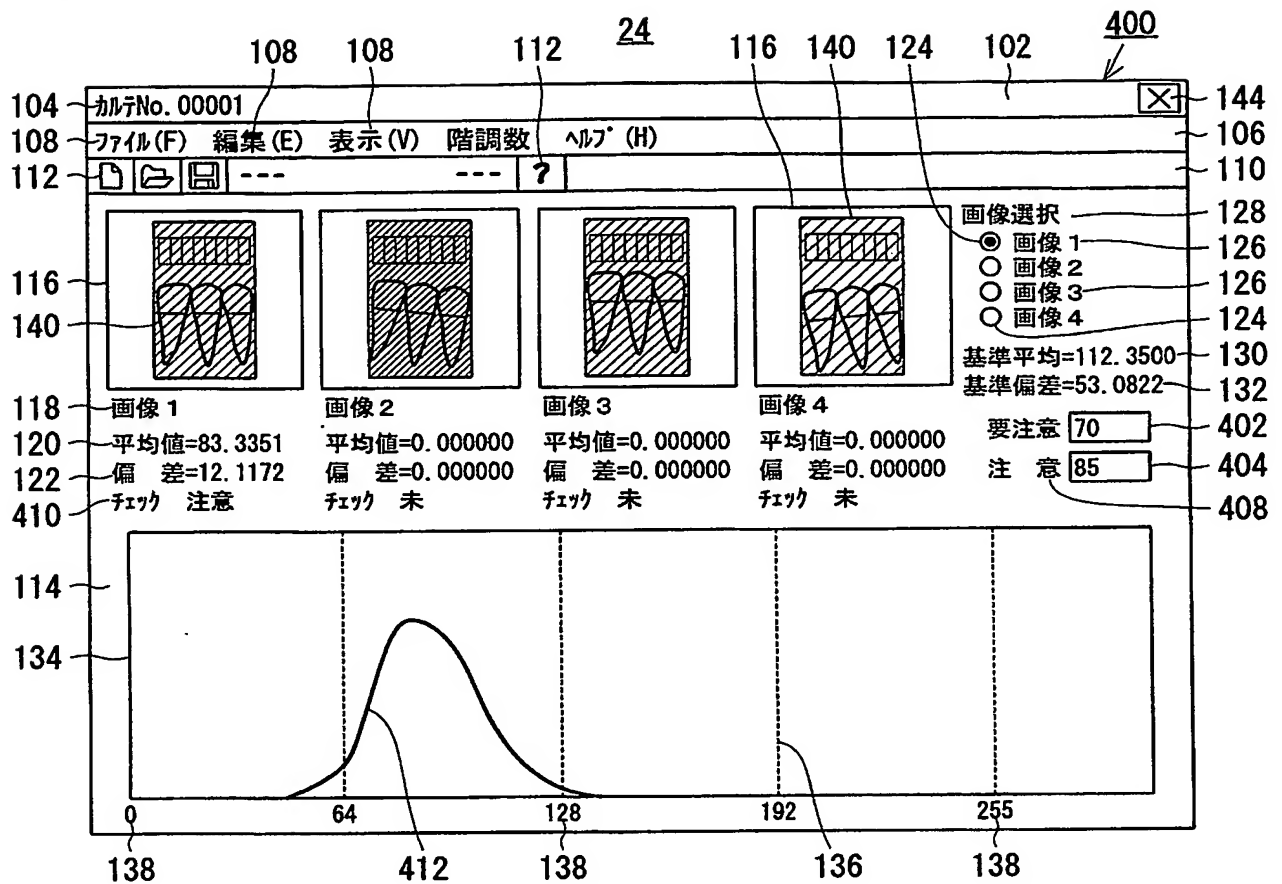
【図 36】



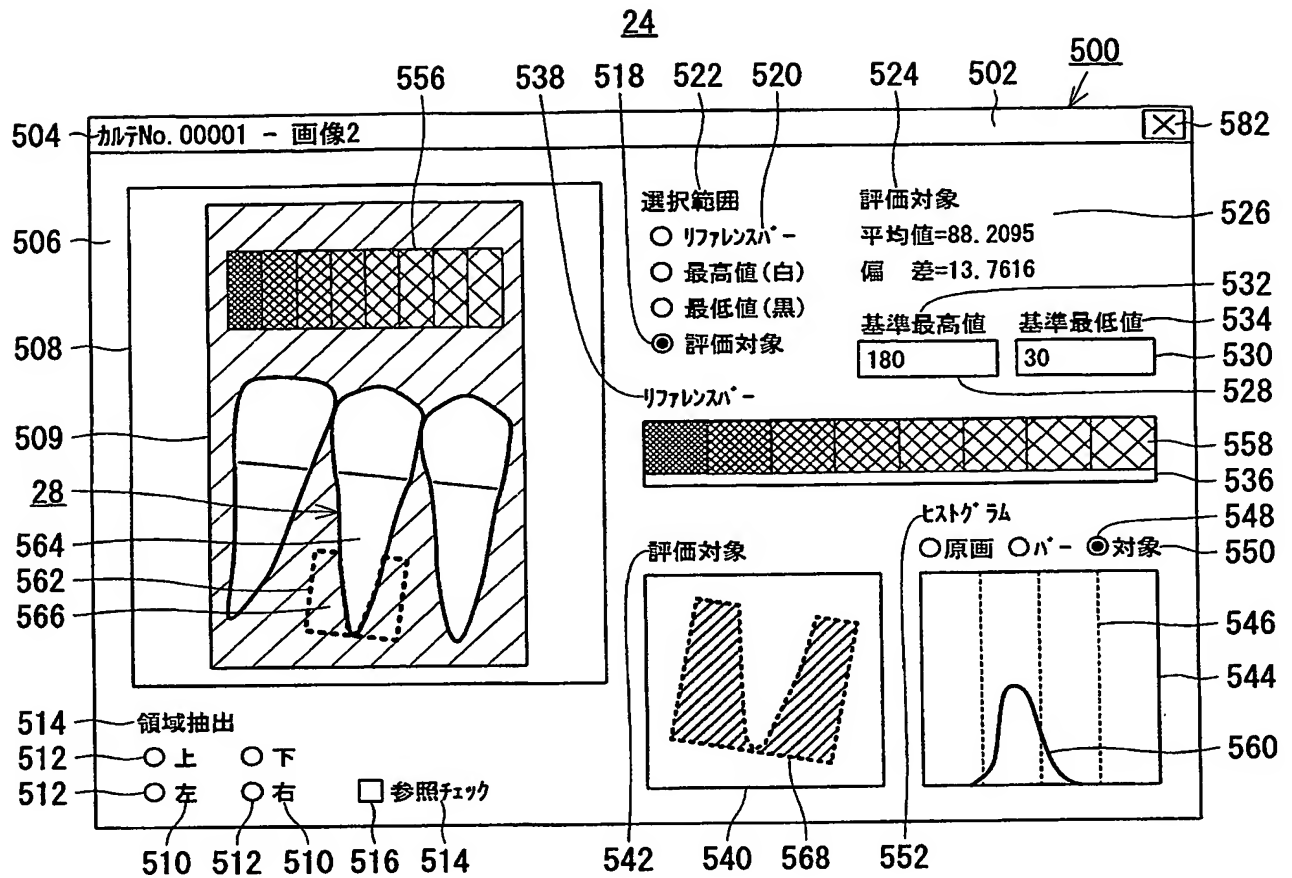
【図 37】



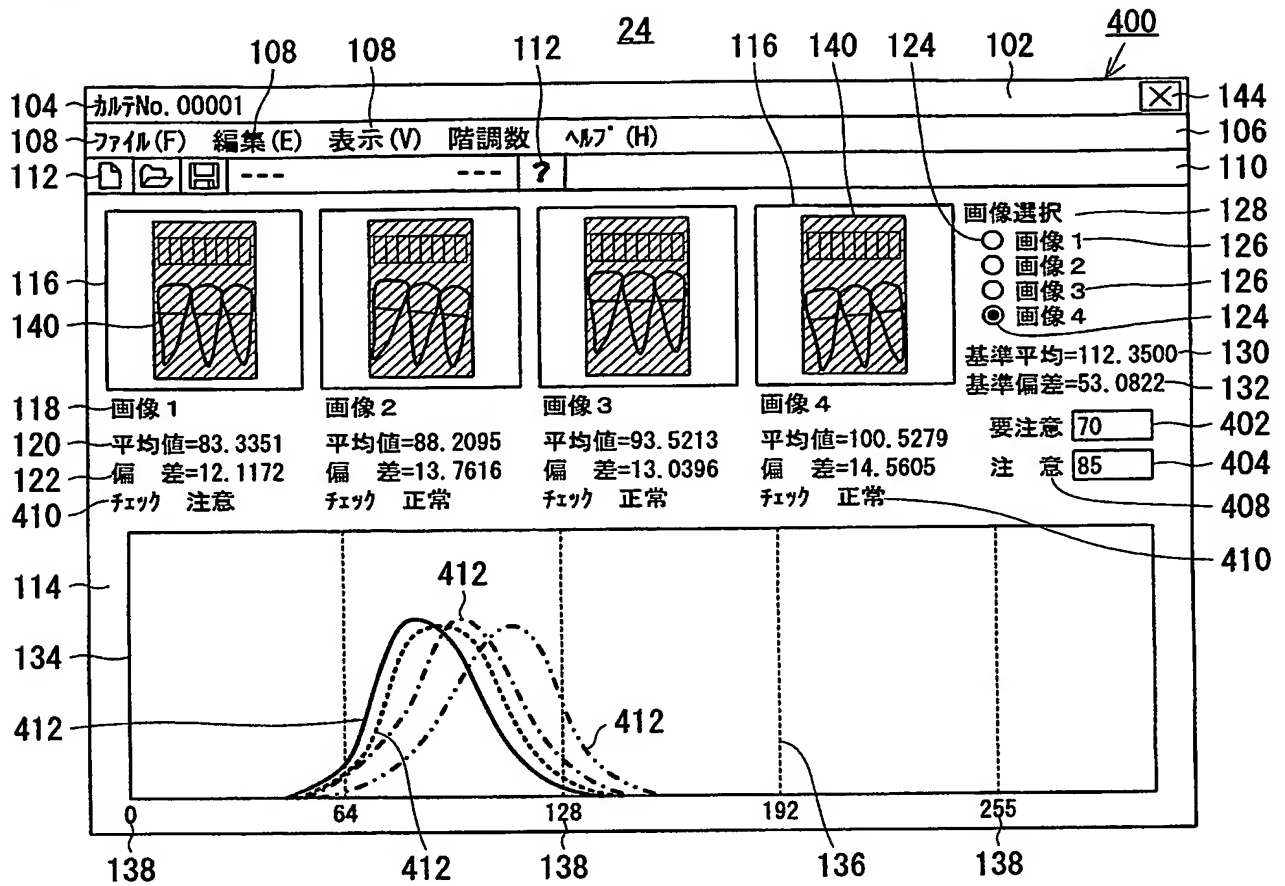
【図 38】



【図 39】



【図 40】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 骨密度を正確に評価する。

【解決手段】 下顎骨とリファレンスバーとが並んで撮影されたレントゲン撮影画像 214 のうち、リファレンスバー領域 248 が選択されると、この領域 248 の輝度の平均値および偏差が、文字列 224 および 226 によって表示される。一方、評価対象領域 254 が選択されると、この領域 254 の輝度が、リファレンスバー領域 248 の輝度の平均値および偏差、並びに基準平均値、基準偏差に基づいて、つまり一定の基準の下、補正される。そして、補正後の輝度は、ヒストグラム（曲線 264 および 266）で表示される。さらに、補正後の輝度の平均値および偏差が求められ、これらは文字列 230 および 232 によって表示される。そして、これらヒストグラム、補正後の輝度の平均値および偏差から、骨密度が定量的に評価される。

【選択図】 図 16

特願 2 0 0 4 - 1 8 5 3 7 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 9 9 0 4 1 3 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 9 年 3 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

兵庫県姫路市坊主町 6 6 - 1

氏 名

高石 佳知